

Stranda kommune

# SKREDFAREVURDERING DETALJREGULERINGSPLAN LJØEN

---

Dato: 20.12.2019  
Versjon: 01



## Dokumentinformasjon

<b>Oppdragsgivar:</b>	Frank Ole Bonsaksen
<b>Tittel på rapport:</b>	Skredfarevurdering for Ljøen
<b>Oppdragsnamn:</b>	Skredfarevurdering detaljreguleringsplan Ljøen
<b>Oppdragsnummer:</b>	625276-01
<b>Utarbeidd av:</b>	Steinar Nes
<b>Oppdragsleder:</b>	Birgit Katrine Rustad
<b>Tilgjengelegheit:</b>	Åpen

## Kort sammendrag

Asplan Viak er engasjert av Frank Ole Bonsaksen for å utføre ein skredfarevurdering for ein framtidig reguleringsplan på Øvre Ljøen. Føremålet for reguleringsplanen er hotellverksemd, gardstun og amfi/konsertscene.

Planområdet ligg innanfor NGI sitt kombinerte aktsemeldskart for stein- og snøskred, og NVE sine aktsemeldskart for steinsprang, jord- og flaumskred og snøskred. Oppdragsgivar ønskjer difor ein detaljert vurdering av faren for skred i bratt terreng i forhold til krava gitt i TEK 17.

Plan- og bygningslova og TEK 17 stiller krav om tryggleik mot skred for nybygg eller tilbygg på eksisterande bygg og tilhøyrande areal. Planområdet skal vurderast for tryggleioklasse S1, S2 og S3 (årleg skredsannsyn på høvesvis 1/100, 1/1000 og 1/5000).

Fare for alle typar skred i bratt terreng er vurdert på bakgrunn av følgande arbeid:

- Befaring
- Terrenganalyse
- Klimaanalyse
- Historiske opplysningar
- Modellar
- Erfaring

Planområdet tilfredsstiller ikkje krava til tryggleik mot skred i dei ulike tryggleioklassane, og faresoner har blitt inntekna.

For å oppnå tilfredsstillande tryggleik for dei ulike tiltaka i planområdet har vi gitt forslag til og gjort grove dimensjoneringar av sikringstiltak. Desse må finjusterast og prosjekterast vidare når sikringsforslag er diskutert nærmere og valt.

01	20.12.19	Skredfarevurdering reguleringsplan Ljøen	SN	BKR
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDD AV	KS

## Føreord

---

Asplan Viak er engasjert av Frank Ole Bonsaksen for å utføre ein skredfarevurdering for ein framtidig detaljreguleringsplanen på Øvre Ljøen i Stranda kommune. Reguleringsplanen har som hovudformål hotellverksemd, men inkluderer også eit gardstun og eit amfi/konsertscene.

Birgit K. Rustad er oppdragsledar og Steinar Nes og Birgit Katrine Rustad er ansvarlege for rapport.  
Birgit Katrine Rustad har vore kvalitetssikrar.

Leikanger, 20.12.2019



Birgit Katrine Rustad  
**Oppdragsledar og KS**



Steinar Nes  
**Rapportansvar**

# Innhald

---

<b>1. INNLEIING .....</b>	<b>5</b>
1.1. Kartgrunnlag og terrengmodell .....	5
1.2. Atterhald og avgrensinger .....	5
1.3. Krav til tryggleik mot skred .....	6
<b>2. OMRÅDESKILDRING OG OBSERVASJONAR I FELT .....</b>	<b>7</b>
2.1. Synfaring .....	7
2.2. Topografi og drenering .....	8
2.3. Vegetasjon .....	9
2.4. Geologi .....	9
2.4.1. Berggrunn .....	9
2.4.2. Lausmassedekke .....	9
2.5. Klima .....	10
2.5.1. Temperatur, nedbør (normalar) .....	10
2.5.2. Snøhøgde (normalar) .....	10
2.5.3. Vind .....	11
2.5.4. Ekstremverdiar for maksimum snøhøgde .....	11
2.5.5. Ekstremverdiar for nedbør i form av snø .....	11
2.6. Registrerte skredhendingar .....	12
2.7. Tidlegare vurderingar .....	13
2.8. Feltobservasjonar .....	14
<b>3. VURDERING AV FARE FOR SKRED I BRATT TERRENG .....</b>	<b>21</b>
3.1. Steinskred .....	21
3.2. Steinsprang .....	21
3.2.1. Steinsprangmodellering (Rockyfor3d med Rapid automatic simulation) .....	22
3.2.2. Oppsummering vurdering av fare for steinsprang .....	23
3.3. Snøskred .....	23
3.3.1. Modellering av snøskred (RAMMS) .....	25
3.3.2. Diskusjon snøskred .....	29
3.3.3. Oppsummert vurdering av snøskred .....	29
3.4. Sørpeskred .....	30
3.5. Lausmasseskred .....	31
<b>4. FARESONEKART .....</b>	<b>32</b>
4.1. Faresoner skred .....	32
<b>5. FORSLAG TIL TILTAK OG NAUDSYNT DIMENSIJONAR .....</b>	<b>33</b>
5.1. Forslag til sikring av hotellområdet .....	33
5.2. Forslag til sikring av gardstun .....	34
<b>6. KONKLUSJON .....</b>	<b>35</b>
<b>KJELDER.....</b>	<b>36</b>

# 1. INNLEIING

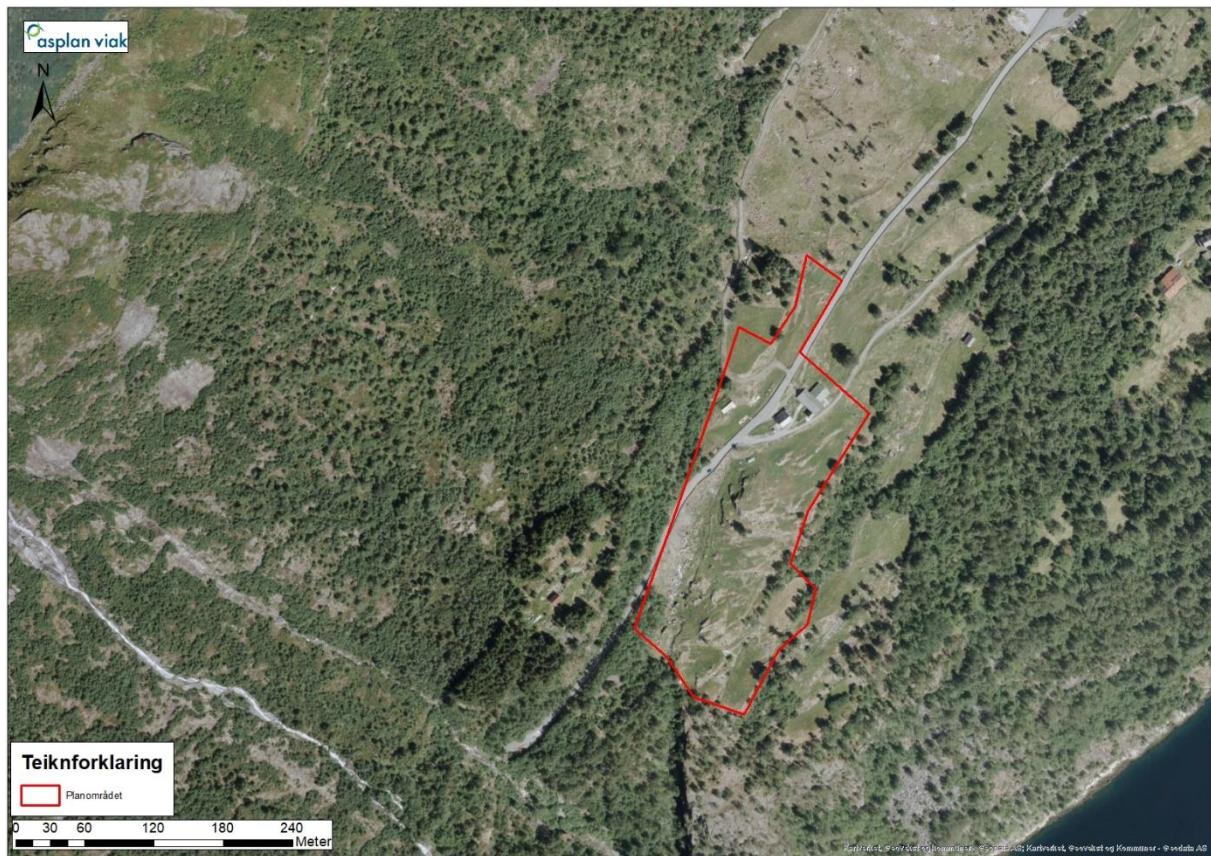
Det skal utarbeidast ein reguleringsplan for Øvre Ljøen i Stranda kommune (Figur 1).

Reguleringsplanen har som hovudføremål hotellverksemd, men området inkluderer også eit gardstun og eit amfi/konsertscene.

Planområdet ligg innafor NVE sine aktsemndskart for snøskred, steinsprang og jord- og flaumskred, i tillegg til NGI sitt kombinerte aktsemndskart for snø- og steinskred.

Ein meir detaljert vurdering av skredfare må difor utførast. Vurderingar av ytre skredfare og rapport har blitt utført etter gjeldande retningslinjer og standard gitt av NVE og TEK17 § 7.1-7.3.

Reguleringsplanen har tiltak i tryggleiksklasse S1, S2 og S3 der årleg skredsannsyn skal ikkje overskride høvesvis 1/100, 1/1000 og 1/5000.



Figur 1: Oversikt over planområdet som ønskast vurdert for skredfare.

## 1.1. Kartgrunnlag og terregmodell

Kartgrunnlaget er laserdata henta frå hoydedata.no. Det er punkttettleik på 2 per kvadratmeter. Terrengdata er studert i ArcGIS 10.6 og det er laga terregmodell og skyggerelieffkart.

## 1.2. Atterhald og avgrensinger

Vurderingane er basert på terreng og vegetasjon som observert på beferinga. Ved store endringar i terreng og/eller vegetasjon bør vurderingane utførast på nytt med omsyn på desse. Det er også lagt stor vekt på historiske skredhendingar i vurderingane. Dersom det kjem fram nye opplysningar om tidlegare skredhendingar bør vurderingane utførast på nytt.

### **1.3. Krav til tryggleik mot skred**

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkeleg tryggleik mot naturfare for nybygg og tilbygg:

*Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.*

Byggeteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til tryggleik mot skred for nybygg og tilhøyrande uteareal (Tabell 1). I vegleiaren til TEK17 blir det gitt retningsgivende eksempel på byggverk som kjem inn under dei ulike tryggleiksklassane for skred.

Tabell 1. Tryggleiksklassar ved plassering av byggverk i skredfareområde.

Tryggleiksklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Hovudføremåla i reguleringsplanen er hotellverksemrd, gardsdrift og amfi/konsertscene. Dette er tiltak som skal vurderast i tryggleiksklasse S1, S2 og S3 med hotell i den strengaste tryggleiksklassen.

Vurderingar og rapport har blitt utført etter gjeldande retningslinjer og standard gitt av NVE (2014). Den endelege vurderinga av skredfare er samla nominelt årleg sannsyn for skred, som kan samanliknast direkte med krava i Tabell 1.

I TEK17 er det spesifisert at samla sannsyn for alle skredtypar skal leggast til grunn for vurderinga av årleg sannsyn. Følgande skredtypar har blitt vurdert:

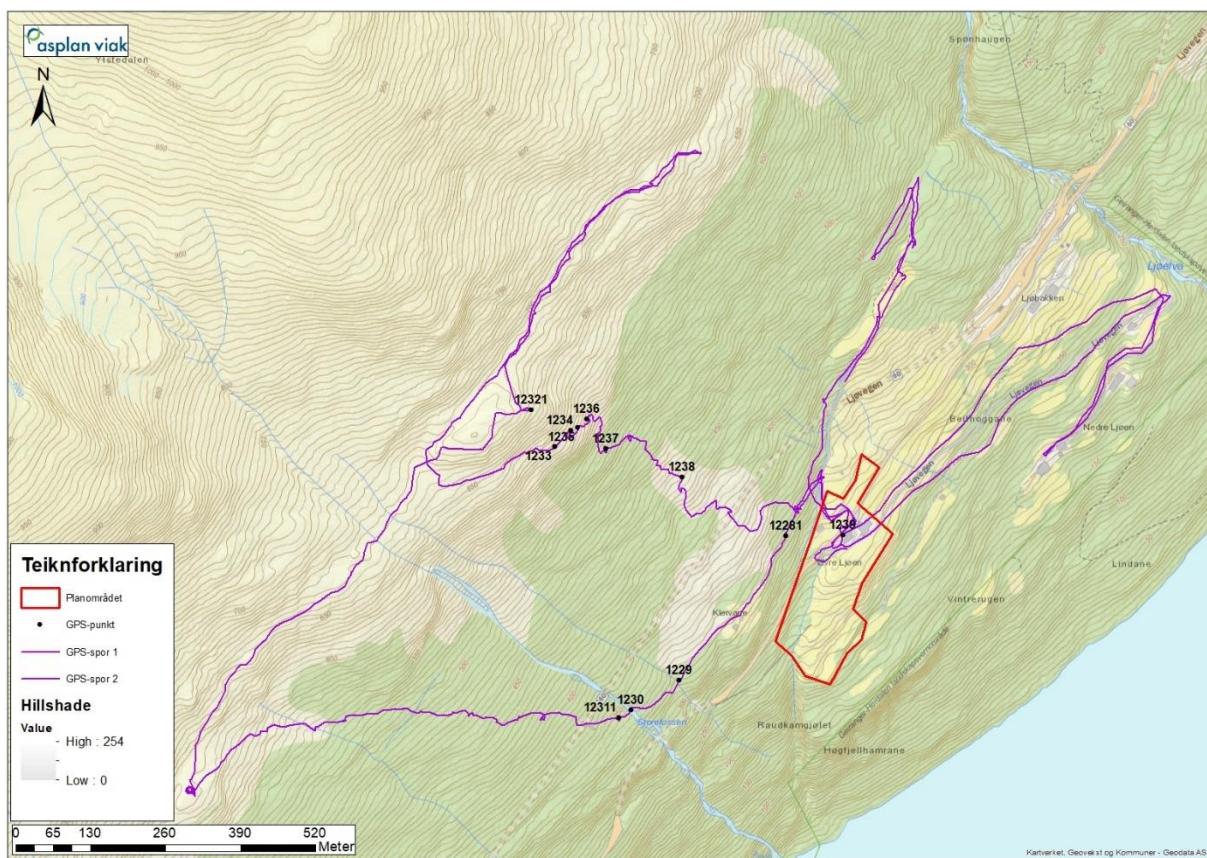
- Skred i fast fjell (ikkje fjellskred)
- Skred i lausmassar
- Snøskred, inkludert sørpeskred

## **2. OMRÅDESKILDRING OG OBSERVASJONAR I FELT**

Planområdet ligg i ei sør-austvendt fjellsida langs med Sunnylvsfjorden like nordaust for Hellesylt.

## 2.1. Synfaring

Geologane Birgit K. Rustad og Steinar Nes var på befaring i området 15. oktober 2019. Det var god sikt på synfaringa. Oppdragsgjever var med som kjentmann i terrenget. GPS spor og observasjonar frå synfaring er gitt i Figur 2.



Figur 2: GPS spor og observasjonar frå synfaring.

Ein skildring av observasjonane er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Observasjonar frå synfaring.

GPS punkt	Skildring
12281	Den sørlege grensa av skredbana frå 2000. Endring i storleik på skogen.
1229	Skredbane langs bekke/elv.
1230	Skredbane sørpeskred langs elv.
12311	Snøskredbane.
12321	Topp av kjent løysneområde for snøskred.
1233	Flatt område under potensiell steinsprangskrent. Ein del blokker har stoppa like under.
1234	Løysneområdet til kjent snøskred.
1235	Stor avløyst (20-30cm baksprekk) blokk. Kjem i bitar? Ser ut som den kviler godt.

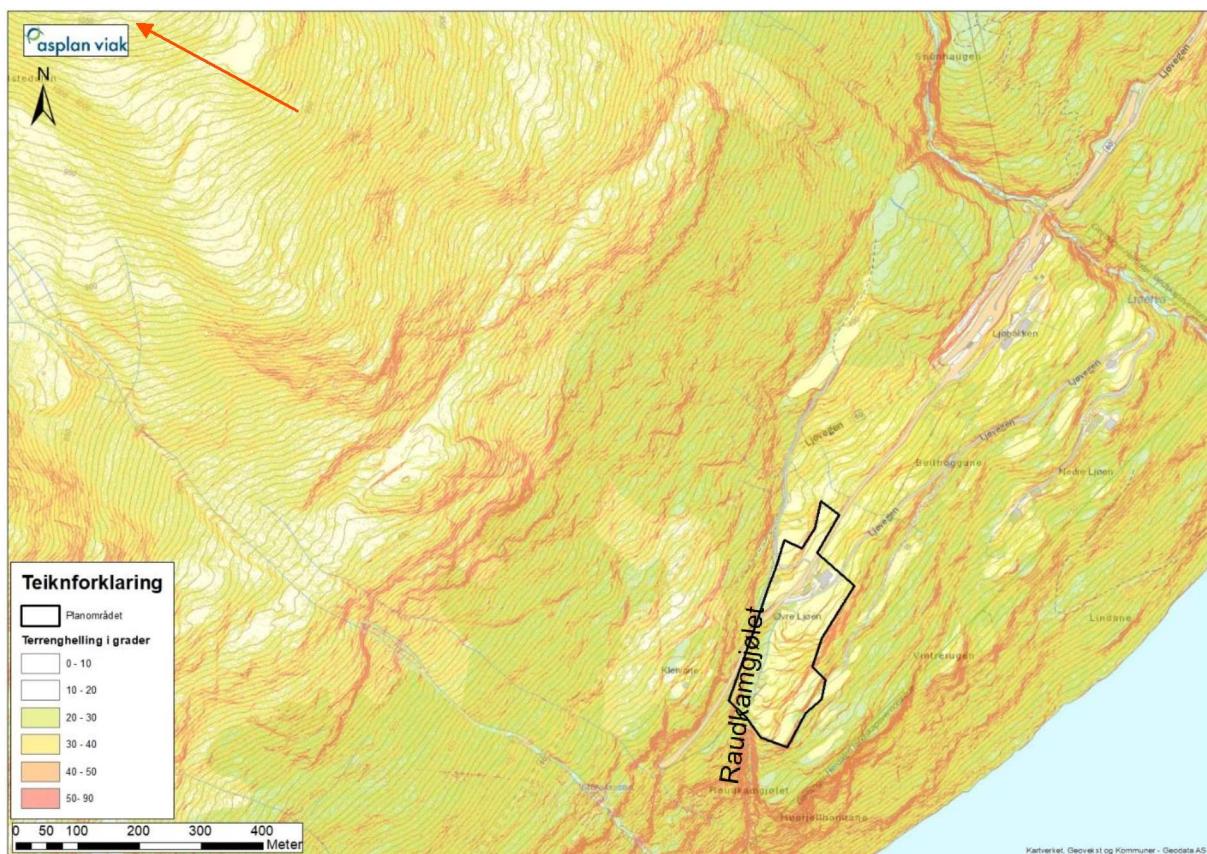
1236	Punktet på undersida av blokka. Skifrig blokk med flat foliasjon. Dett ut i bitar. Det er større bitar og mindre skifrig berg litt over denne avløyste blokka. Meir massivt fjell kan gi større utfall.
1237	Grov ur under skrent. Sannsyn for utfall er tilstades.
	Ur, der tilfangstrområdet er fjellsrentane nemt over.
1238	Her er også plassering av ynskjeleg voll nemnd av grunneigarane.

## 2.2. Topografi og drenering

Figur 4 gir ein oversikt over terrengradienten i området og Figur 4 viser dronefoto av fjellsida.

Planområdet ligg i ei sør-austvendt fjellsida mellom kote 220 og 310. Under planområdet er det bratt ned til Sunnylsfjorden. Sjølvle planområdet er, frå sør og nordover, ein terrassert ryggformasjon med brattkantar aust for ryggen, og ei djup forsenking på vestsida inn mot fjellsida opp til vegen kalla Raudkamgjølet. Gardstunet ligg på nedsida av vegen og langs planområdet på oppsida av vegen er det ein landbruksveg med grøft over amfiet. Raudkamgjølet og grøfta samlar overflatedrenering generelt frå fjellsida.

Nordvest for planområdet stig fjellsida oppover mot Ringdalseggene (1489moh). Men det er terrenget opp mot 800 moh. som har påverknad på skredfaren for planområdet.



Figur 3: Terrenghelling i området. Pil markerar retninga mot Ringdalseggene.

Rett over planområdet og oppover er det i nedre del brattkantar før det slakar ut og blir generelt 20-40°, men med nokre mindre brattkantar. Frå kote 550 - 650 ca. er det eit brattare parti opp til fjellknaus midt i fjellsida (GPS-punkt 1236- 1232). Det er frå fronten av denne fjellknausen den kjende snøskredbana ned mot garden/vegen er lokalisert. På oversida av denne er dei eit slakare parti langsmed heile fjellsida. Over den slakare delen av fjellsida aukar terrenggradienten igjen opp til ca. 800 moh før det igjen slakar av nordvestover mot Ringdalseggene.

Botnformasjonane under Ringdalseggene (Ystedalen) har drenering sør for planområdet. Det er generell avrenning frå fjellsida ned mot planområdet. Nord og langt nede i fjellsida er det ein del bekkar innteikna i det topografiske kartet. Desse blir fanga opp av dreneringskanalen langs med landbruksvegen, og noko blir ført langs bekke nord for planområdet.



Figur 4: Bilete som viser ca. planområde (svart omriss) og fjellsida over. Fjellknaus på GPS-punkt 1236-1232 er markert med raudt omriss.

### 2.3. Vegetasjon

Det er beitemark/slåttemark i planområdet (Figur 1; Figur 4). I fjellsida over planområdet er det tett lauvskog i nedre del som blir mindre tett og mindre oppover fjellsida. Tregrensa er på ca. 800 moh. Storleik og grovheita på skogen varierer etter om skogen er i ei historisk skredbane eller ikkje.

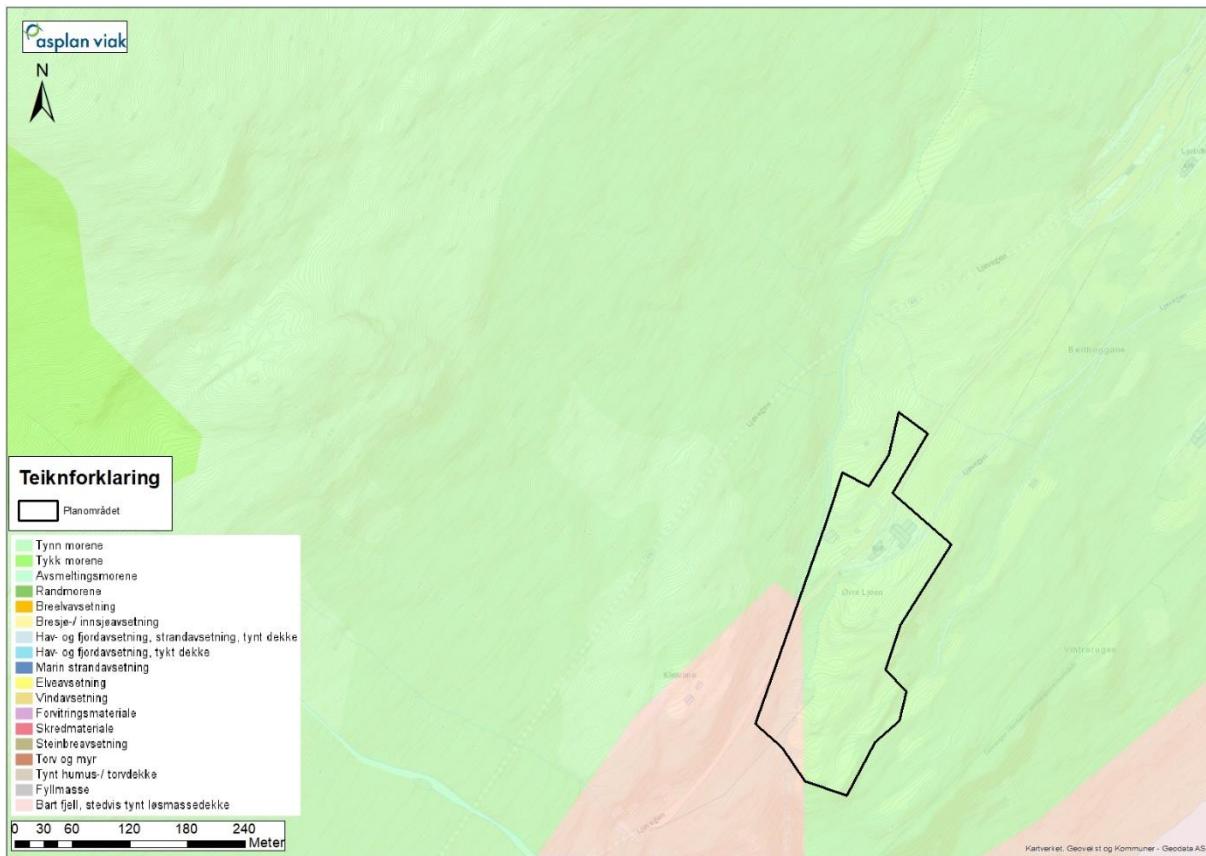
### 2.4. Geologi

#### 2.4.1. Berggrunn

Ifølgje bergrunnskartet til NGU er det diorittisk til granittisk gneis i området (ngu.no).

#### 2.4.2. Lausmassedekke

Ifølgje kvartærgeologiske kart fra NGU (ngu.no) er det for det meste tynn morene i fjellsida. Noko av fjellsida er også kartlagt som bart fjell med stadvis tynt lausmassedekke. Sjå Figur 5 for detaljar om lausmassar i området.



Figur 5: Kart som viser lausmassedekket i området (ngu.no).

## 2.5. Klima

For klimaanalyse blir det vist til NVE rapport utarbeidd av NGI; NVE. Ekstern rapport nr. 61/2019. Faresonekartlegging i Stranda kommune. Denne klimaanalysen er detaljert, og fra 2019, og omhandler området i nærliken av planområdet.

Vi har oppsummert klimaanalysen med dei viktigaste parameterar for skredvurderinga i dei neste delkapittela.

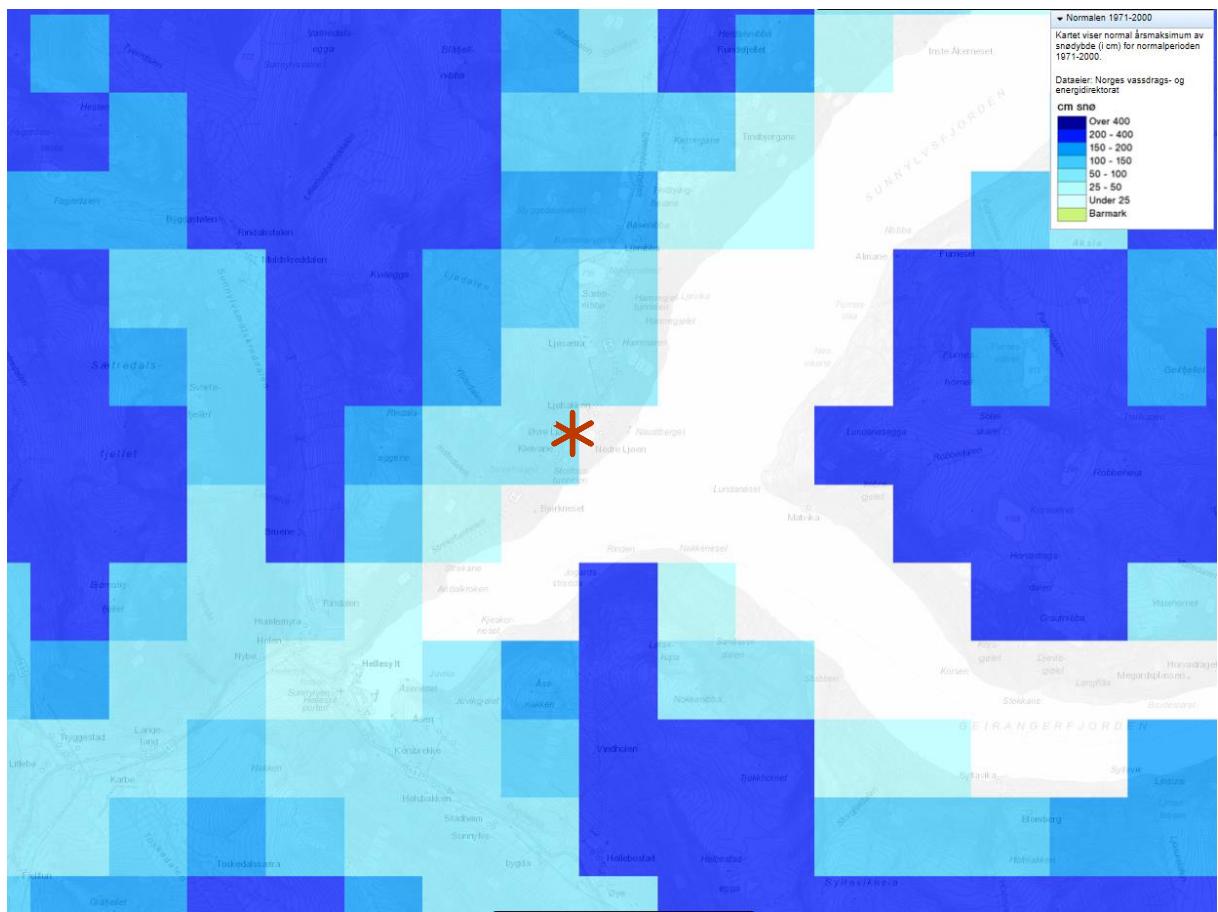
### 2.5.1. Temperatur, nedbør (normalar)

Stranda kommune har eit maritimt klima med relativt milde vintrar, men området er variert med fjell opp mot 1700 meter der månadstemperaturen er nede i  $-10^{\circ}\text{C}$  på vinteren.

Årsnedbøren er mellom 1400-1900 mm for området rundt planområdet, der nedbørsverdiane er høgast på hausten.

### 2.5.2. Snøhøgde (normalar)

Ifølgje senorge.no er normal årsmaksimum av snødjupne (1971-2000) 50-100 cm på Ljøen (Figur 6).



Figur 6: Normal årsmaksimum av snødjupne (i cm) for normalperioden 1971-2000. Øvre Ljøen er merkt med raud stjerne.

### 2.5.3. Vind

Vindretninga som dominerer vinterstid, vil ha relevans for kvar i terrenget snøen legg seg og for sannsynet for utløysing av snøskred.

Det generelle biletet i området er at den kraftige vinden kjem inn frå nordvestleg til sørvestleg retning og då særleg ved nedbør. Bildet er også relativt likt ved temperaturar som gir snø.

For snøskred forventar ein større sannsyn for auka akkumulasjon av snø i sør austleg til nord austleg sektor. Dette gjeld for planområdet og fjellsida over.

#### 2.5.4. Ekstremverdiar for maksimum snøhøgde

Ekstremverdiane for maks snøhøgde (100 års) varierar frå 1,5 m på 200 moh., til 4 m på 800-900 moh., og til over 5 meter på dei høgaste toppane over 1000 moh.

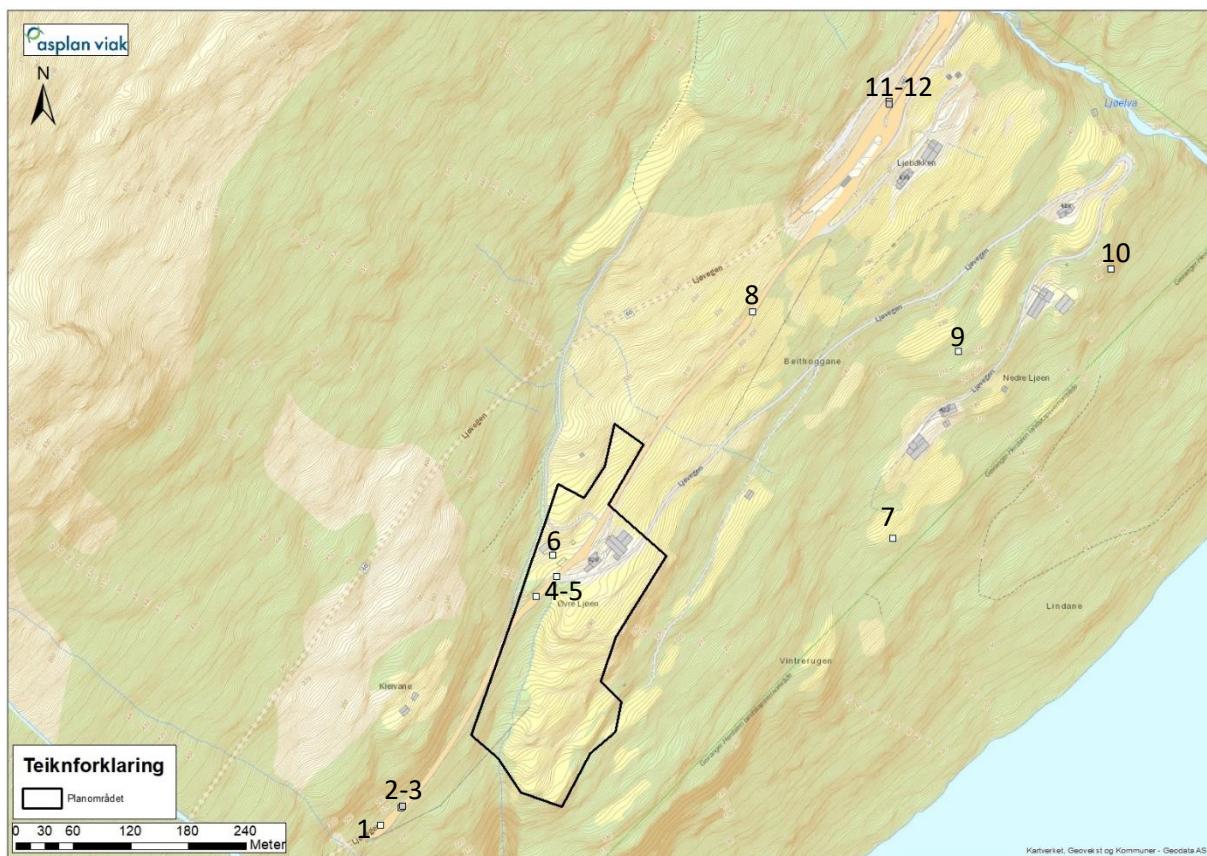
### 2.5.5. Ekstremverdiar for nedbør i form av snø

Det er noko variasjon i ekstremverdiar for snøtilvekst for dei ulike målestasjonane i kommunen og den varierer med høgde over havet.

For lågareliggende punkt er sjeldan nysnøtilveksten over 80 mm og 130 mm for høvesvis 1- og 3 døgn (100-1000 års intervall) og for fjelltoppane (Kvitenga like ved planområdet) er tilsvarende verdiar 110 mm og 170 mm.

## 2.6. Registrerte skredhendingar

Det er registrert fleire skredhendingar inn i planområdet og i nærleiken av planområdet. Desse er kartfesta i Figur 7 og skildra i Tabell 3. Informasjonen om skreda er henta frå atlas.nve.no og frå lokalkjente på garden.



Figur 7: Kart som viser omtrentleg lokalitet til historiske skredhendingar på Ljøen.

Tabell 3: Tabell med skildring av skredhendingar på Ljøen. Tala refererer til kartet i Figur 7.

<b>1. Snøskred, uspesifisert</b>	<b>24.02.2012 11:26:00</b>
<b>2. og 3. Steinskred, uspesifisert (dobbelregistrering)</b>	<b>29.11.2001 00:00:00</b>
<b>4. og 5. Snøskred, uspesifisert (dobbelregistrering)</b>	<b>03.03.2000 00:00:00</b> (Informasjon om hendinga frå grunneigar Magne Bonsaksen: Snøskred ned på vegen. Dei grov seg rett gjennom med gravemaskin og brøytekantane var litt høgare enn ein hjullastar, truleg nærmere 5 meter høge. Det gjekk eitt snøskred ned på vegen dette året.
<b>6. Snøskred, uspesifisert</b>	<b>23.04.1855 00:00:00</b> Stranda. Sunnylven. Den 23. april 1855 kom eit snøskred over garden Øvre Ljøen, truleg vart fjøset teke. 10 sauер omkom. (Infor frå Magne Bonsaksen; på den tida låg huset/fjøset like på oppsida av vegen for dagens plassering) <b>15.01.1982 00:00:00.</b> Stranda. Ljøen. I januar 1982, ein onsdag morgen kom snøskred mot huset på Øverljøen (Øvre Ljøen), gjekk over Ljøvegen. Skredet kom inn mot huset, men gjorde ikkje større skade. Dei hadde lagt betonggolv over kjellaren, slik at ved rasfare kan dei søkje tilflukt der. Kartreferansen er omtrentleg.
<b>7. Sørpeskred</b>	<b>15.07.1893 00:00:00.</b> Stranda. Sunnylven. Bygsellassen Lindane på Ljøen vart teken av ei vassdemme ei natt. Snø, stein og vatn slo over stova, der budde ei mor og ein treåring som følgde med også utfor ein 100 meter høg hammar, ho fall i uvit, men då ho vakna forstod ho at begge var i live. Delar av huset var ført heilt til sjøs. Kjellardelen stod att der oppe og krøtera berga seg. Folk har ikkje budd på Lindane etter dette. Kartreferansen er omtrentleg.
<b>8. Snøskred, uspesifisert</b>	<b>27.11.2008 11:06:00</b>
<b>9. Sørpeskred</b>	<b>20.02.1850 00:00:00.</b> Stranda. Nedre Ljøen i Sunnylven. Eit sørpeskred med snødemme som brast, kom den 20. februar 1850. Skadeomfanget er ikkje kjent. Det gjekk samtidig skred på Tryggestad og Trondstad.
<b>10. Snøskred, uspesifisert</b>	<b>26.07.1700 00:00:00.</b> Stranda. Ljøen ved Sunnylvsfjorden. Årstalet er cirka. I 1724 står om garden Ljøen at snøfonn gjer skade, og at den "tilforn har nedslaget deres huse." Ukjent akkurat når og skadeomfang, eventuelt tap av liv.
<b>11 og 12. Steinsprang (&lt; 100 m3)</b>	<b>21.08.2015 15:02:00.</b> Skredbeskrivelse: Stein på fv. 60 løsnet fra vegskjæring 0-50m over veg. anslått skredvolum:

## 2.7. Tidlegare vurderingar

Det har blitt utført ein vurdering av delar av området tidlegare. Vurderinga gjeld for amfiet og konsertscena rett over gardstunet. Namnet på rapporten er: Vurdering av skredfare i samband med bygging av konsertarena «Fjellgården Øvre Ljøen» på Ljøen i Stranda kommune» og er utført av PaGeCo. Det blir i rapporten konkludert med at det er mindre sannsyn enn 1/100 per år for skred ned mot tiltaket i sommarhalvåret og med nokre avbøtande tiltak er sannsynet for større skadar i tilfelle skred i vinterhalvåret også vurdert til mindre sannsyn enn 1/100 per år.

NGI utførte i 2019 på vegne av NVE ein faresonekartlegging av utvalde område i Stranda kommune (NVE 2019). Ljøen var ikkje eitt av dei utvalde områda, men rapporten er brukt som grunnlag.

## 2.8. Feltobservasjonar

Terrenget innafor planområdet er i det store og heile dyrka mark eller beitemark. Det er ein terrassert fjellrygg frå sør i planområdet og opp mot gardstunet. Innafor fjellryggen er det ei djup forsenking inn mot fjellsida og vegen, kalla Raudkamgjølet. På oversida av vegen er det fleire landbruksvegar med grøfting for å ta unna overflatredrenering og det er bygd litt murar for å få flate marker (Figur 4; Figur 8; Figur 9).



Figur 8: Bilete av den terrasserte fjellryggen med forsenkinga på innsida opp mot fjellsida.



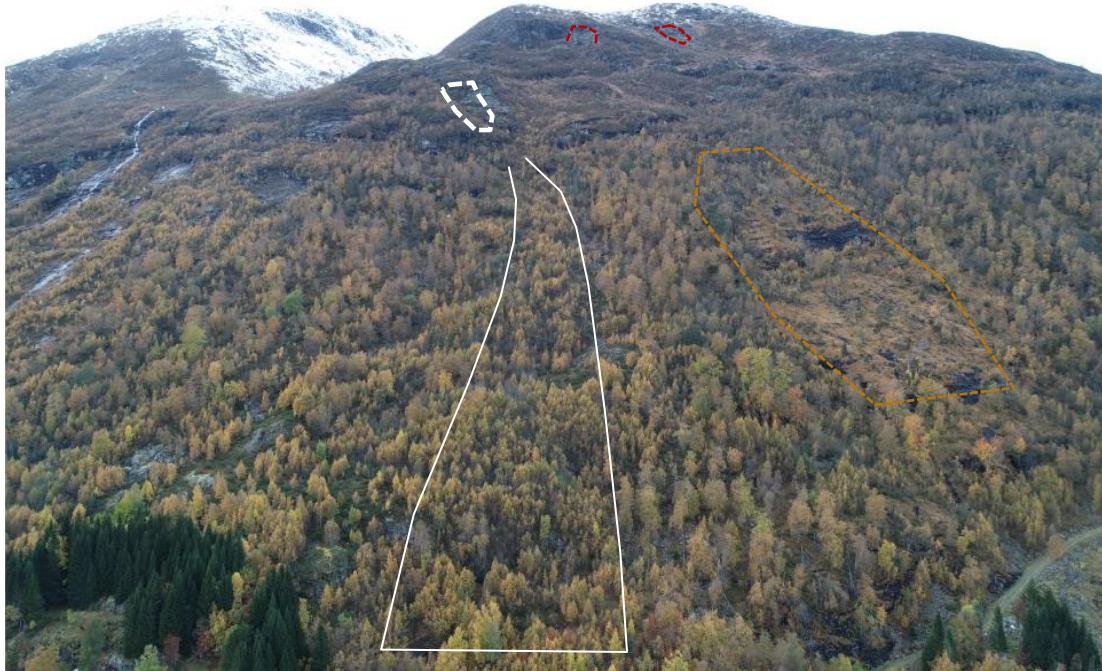
Figur 9: Forsenkingsa som ledar ned mot Raudkamgjøleti planområdet, sør for garden.

Rett over planområdet er det nokre lokale skrentar som kan gi utfall av steinsprang. Det vart observert mindre utfall etter ein rotvelt ned på ein av landbruksvegane like over planområdet (Figur 12). Ingen av brattskrentane har høgt relief.



Figur 10: Lokale brattskrentar rett over amfiet. Rotvelt har ført til mindre utfall. Større potensiale for blokkutfall eller ferske blokker inn i planområdet er ikkje observert.

Skredbana frå snøskredhendinga i 2000 som gjekk ned på vegen kan endå sjåast ved at vegetasjonen er mindre i storleik og grovheit (Figur 11). Det blei observert 2 andre potensielle løysneområde lenger oppe i fjellsida. Nordaust for den kjende skredbana er vegetasjonen tettare og grovere og har lite teikn til skredaktivitet. Lenger nordaust for dette igjen er eit opnare felt i vegetasjonen igjen som vurderast til å kunne vere ei snøskredbane, og evt. potensielt løysneområde for sørpeskred. Denne delen av fjellsida har retning nordaust for planområdet.



Figur 11: Bilete som viser løysneområdet for snøskredet og skredbana frå 2000 (kvit farge). Andre potensielle løysneområde observert på synfaring er vist med raudstipla linje. Oransje polygon er område utan vegetasjon, mogleg løysneområde for sørpeskred.

Løysneområdet for dei kjende snøskreda mot garden er ifølgje dei lokale eit svaparti oppe i fjellsida (800 moh.). Snø samlar seg opp som skavlar og knekk av ved mildvær (Figur 12; Figur 13).



Figur 12 Bilete av fjellknausen oppe i fjellsida som er løysneområde for den kjende skreda (merkt med oransje omriss).



Figur 13: Nærbilete av same løysneområde som i Figur 12.

Bilete i Figur 14 og Figur 15 viser dei to potensielle løysneområda høgst oppe i fjellsida.

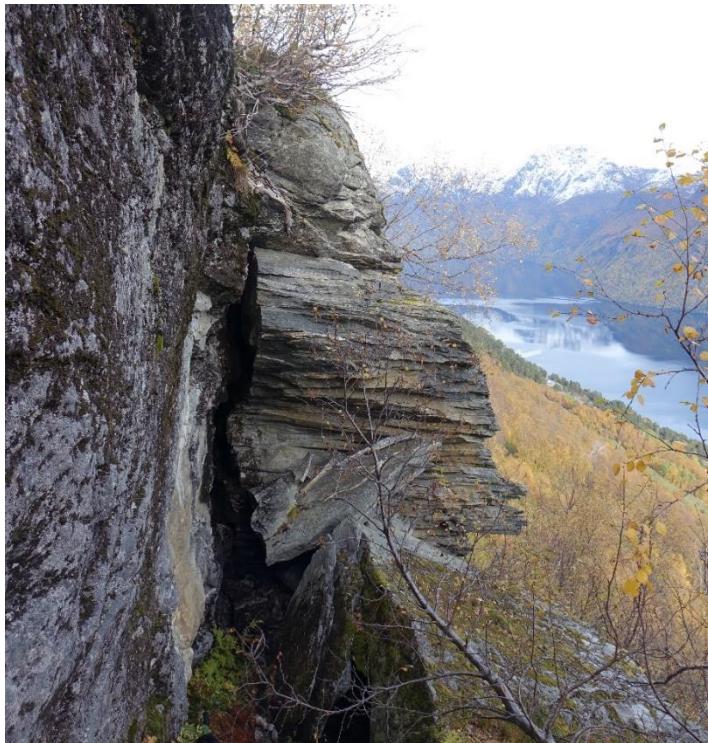


Figur 14: Potensielt løysneområde øverst i fjellsida.



Figur 15: Potensielt løysneområde øverst i fjellsida.

GPS-punkt 1238 markerer stor avløyst blokk med tett flat foliasjon. Baksprekka er 20-30 cm, men vanskeleg å sjå om den er heilt avløyst. Andre blokker har knekt av og lagt seg rett ved. Blokka står truleg stabilt.



Figur 16: Blokk som er avløyst i bakkant. Ligg truleg med stabil fot. Bergrunnen har tett foliasjon så blokka vil truleg bli delt opp ved utfall.

Brattskrenten lenger ned i fjellsida har ein uransamling like under (GPS-punkt 1237). Her er det ingen teikn til ferske utfall, men det er noko sannsyn for utfall der (Figur 17).



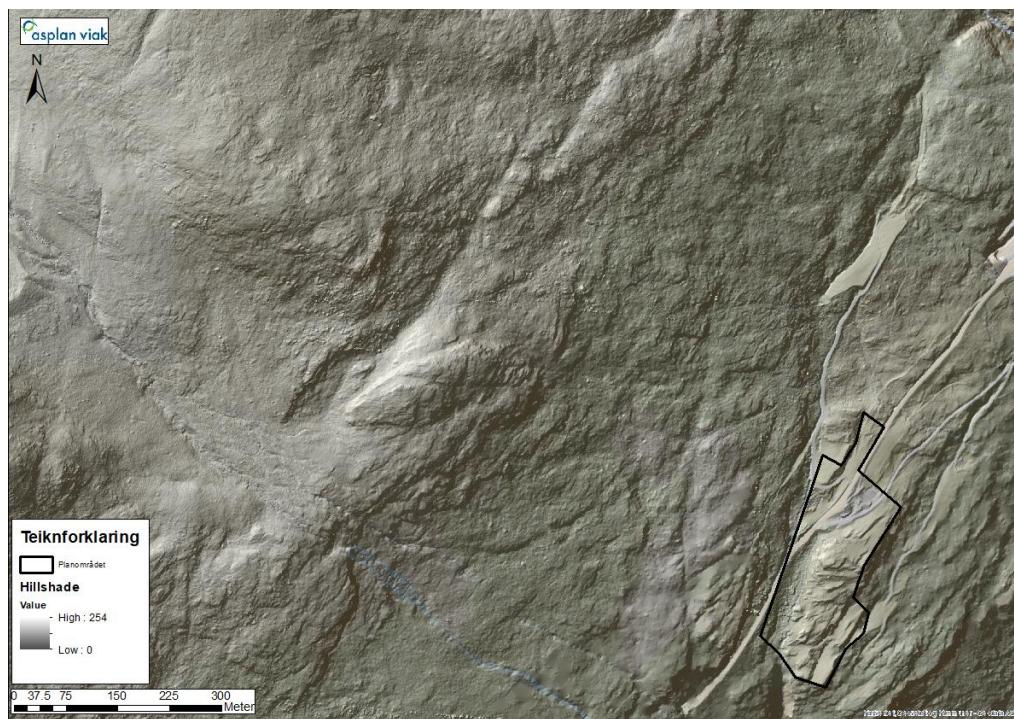
Figur 17: Brattskrent rett under svaparti. Mykje blokker har stoppa like under. GPS-punkt 1237.

I GPS punkt 1238 blei det observert ur. Dette er utfall frå brattskrenten på GPS-punkt 1237 og oppover. Vidare nedover blei det ikkje observert ur, berre enkeltblokker.



Figur 18: Bloksamling i GPS punkt 1238

Det er ingen teikn til erosjon og massetransport eller skredvifter etter lausmasseskred ned mot planområdet verken under feltarbeid eller i skyggerelieffkart (Figur 19)



Figur 19 Skyggerelieffkart over planområdet og fjellsida.

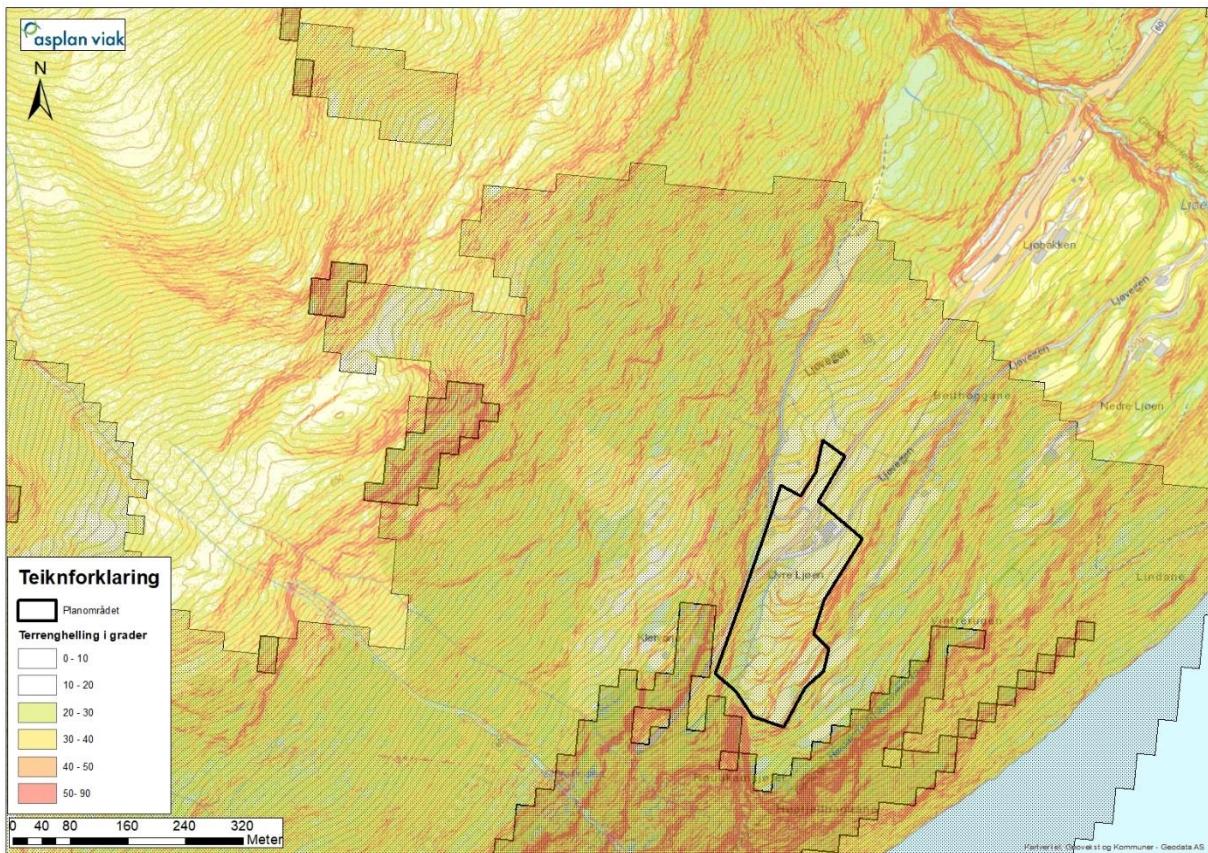
### 3. VURDERING AV FARE FOR SKRED I BRATT TERRENG

#### 3.1. Steinskred

Vi har ikkje observert strukturar i bergrunnen som indikerer fare for utgliding av fjellmassar tilsvarende storleik likt steinskred, men dette er så store strukturar og sjeldne hendingar at dei er vanskelege å vurdera. Då vi ikkje har observert steinskredur, eller delar av ei steinskredur i nærleiken av planområdet eller oppe i fjellsida vurderar vi at sannsynet for steinskred mot planområdet er mindre enn 1/5000 per år.

#### 3.2. Steinsprang

Steinsprang løysnar generelt i terrenget brattare enn  $45^{\circ}$ . Aktsemdukartet frå NVE (skredatlas.nve.no) viser at det er potensiale for utløp av steinsprangblokker inn i planområdet. Terrenghellinga viser også at det er område som er bratte nok til å vere løysneområde for steinsprang i fjellsida. Figur 20 gir ein oversikt over terrenghellinga i fjellsida og aktsemdsområdet for løysne- og utløpsområde for steinsprang (atlas.nve.no).



Figur 20: Aktsemdukart som viser moglege løysne- og utløpsområde for steinsprang.

Det blei observert nokre blokker og noko potensiale for utfall av blokker frå fjellknausen (GPS punkt 1235; Figur 2: GPS spor og observasjonar frå synfaring.; Figur 18: Bloksamling i GPS punkt 1238) oppe i fjellsida. Det vart ikkje observert ferske blokker frå fjellknausen med lange utløp. Blokker etter utfall vart observert nede i skredbana og ansamlingar er markert i GPS-punkt 1238.

Lokalt rett over planområdet er det nokre brattkantar med potensiale for utfall også. Desse brattkantane har låge relief. Det vart ikkje observert blokker i planområdet, men dette har vore dyrka mark/beitemark sidan 1600-talet så desse er nok truleg rydda.

Generelt i fjellsida er det brattkantar, men ingen har særskild høge relieff med store potensial.

Aktsemdeskartet for steinsprang, terrenghelling, observerte massar av ur og enkeltblokker ned mot planområdet, samt lokale skrentar like over planområdet, gjer at beregningsverktøyet Rockyfor3D har blitt brukt som et supplement til vurderinga av steinsprang. Det dynamiske modelleringsverktøyet blir særleg brukt til å sjå korleis skredmassar teoretisk sett vil bevege seg i fjellsida, og for å sjå på moglege utløpslengder til blokker. Resultatet av skredmodelleringa blir brukt til å etterprøve og underbygge vurderingar av forventa skredutløp basert på andre kjelder som feltobservasjonar og fagleg skjønn.

### **3.2.1. Steinsprangmodellering (Rockyfor3d med Rapid automatic simulation)**

For å sjå nærmere på utløpslengder og særleg strøymingsmønster har vi som eit supplement til vurderinga av steinsprang utført dynamiske simuleringar av steinsprang med datasimuleringsprogrammet Rockyfor3D (Dorren, 2015), versjon 5.2.4.

Generell framgangsmåte er som følgande:

- Det er simulert 10 utfallande blokker per celle i kjeldeområda for steinsprang.
- Det er ikkje teke høgde for skog då den ikkje er grov nok til å påverke store blokker.
- Tettleik =  $2700 \text{ kg/m}^3$ .
- Blokkform = rektangulær.
- Terrenget over  $45^\circ$  er valt ut som moglege løysneområde for steinsprang.
- Det er brukt Rapid automatic simulation med autogenererte verdiar for bakken sine eigenskapar i høve til terrenghelling.
- Val av storleik på steinsprangblokker. Valte verdiar er i liten grad avhengig av storleik og oppsprekingsgrad vurdert for dei ulike kjeldeområda, men er satt ut ifrå observerte blokker i felt. Dei lokale forholda i fjellsida og lokalitet av avsetningar observert i felt er teke i betrakning i ein seinare fase, dvs. ved tolking av modelleringsresultat opp mot andre element.

Berekningsmodellen er basert på terrenghodden frå laserdata med oppløysing på 1m.

#### *Modelleringsresultat RF3D*

For modellen har vi definert brukt Rapid Automatic simulation. Då er det benytta automatisk valte gjennomsnittlege verdiar for bakken sin ruheit og energidemping. Løysneområda er alle skrentar over  $45^\circ$ , og er ikkje valt avhengig av storleik og oppsprekingsgrad.

#### *Simulering 01 (blokkstorleik 1 m<sup>3</sup>)*

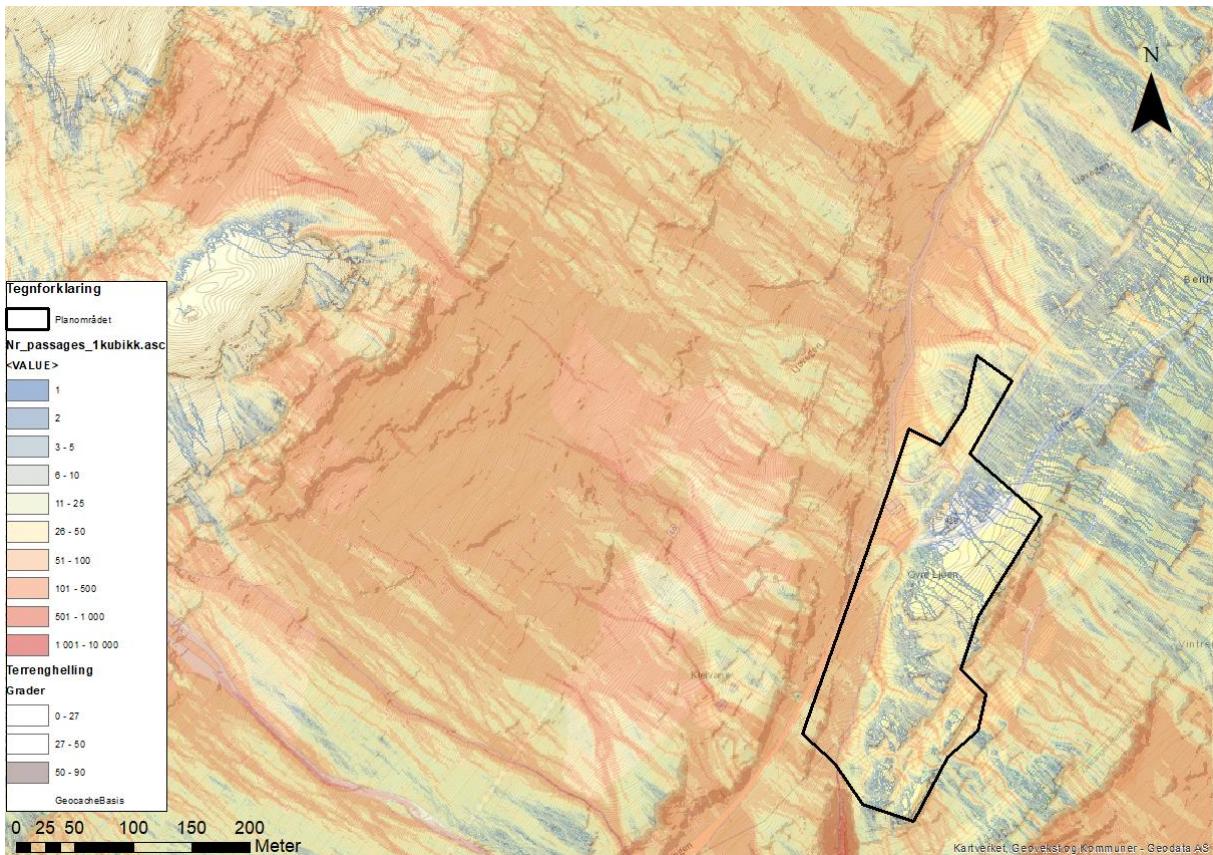
I denne simuleringa har vi brukt 1m<sup>3</sup> blokker. Dette er basert på generelle observerte blokker nede i fjellsida. Modellkjøringa viser bremseeffekten korleis forsenkingar og flater i nedre del av fjellsida og i planområdet ledar potensielle blokker.

Sidan alle skrentar i modellen er potensielle løysneområde, er også alle skrentar i planområdet tekne med. Dette gjer at modellen ser verre ut enn den er.

Ein ser tydeleg også korleis terrenget nordvest for planområdet får blokker til å gå nord for planområdet.

Ein ser også korleis flatene over gardstunet bremsar blokker.

Basert på observasjonar i felt vurderer vi at dette er en god modell som viser strøymingsretningar til eventuelle steinsprang i fjellsida. For detaljer om modellen, sjå Figur 21.



Figur 21: Modellkjøring 01 med 1 m<sup>3</sup> steinsprangblokker.

### 3.2.2. Oppsummering vurdering av fare for steinsprang

Våre resultat frå modellkjøringar og tolking av desse opp mot observasjonar i felt tyder på at det er eit visst sannsyn for utløp av steinsprang inn i deler av planområdet.

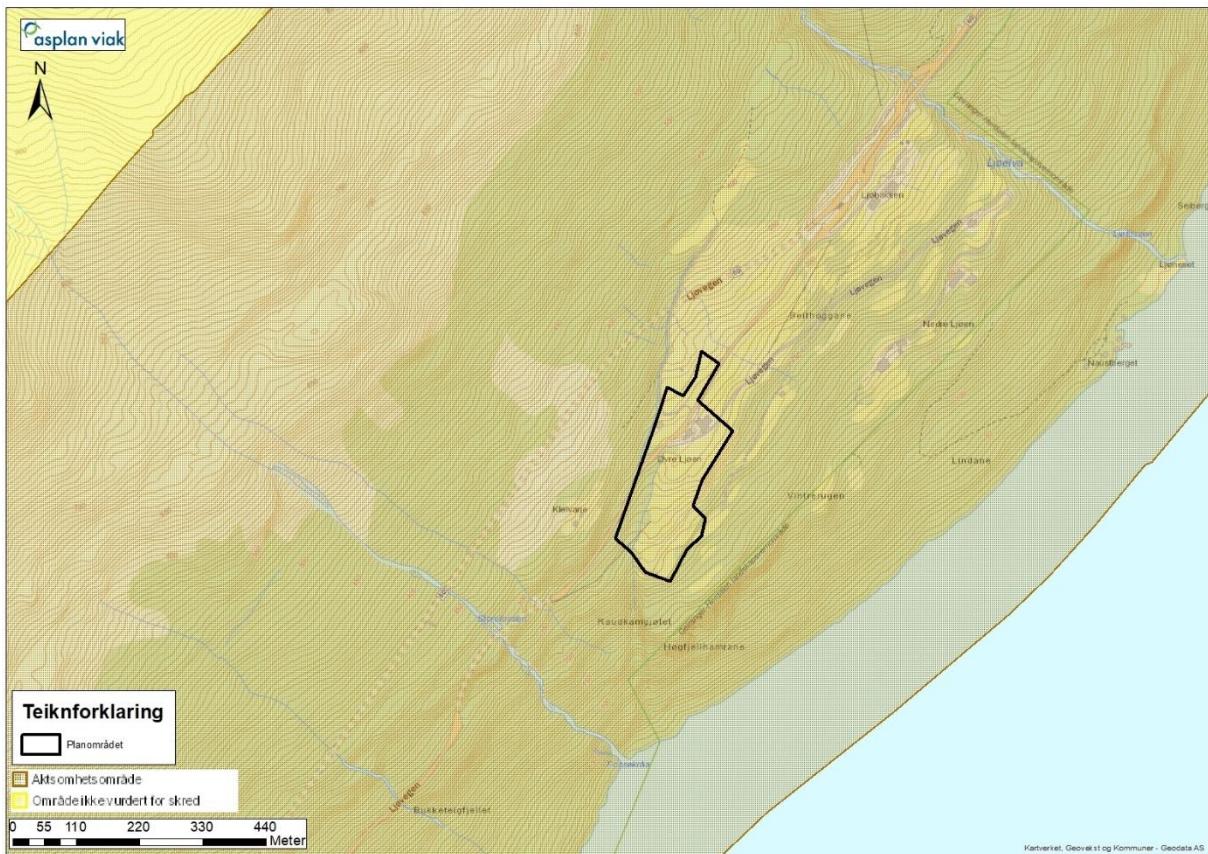
Den vurderte faren for steinsprang er reell og er basert på følgande argument:

- Terrenget over planområdet har skrentar med potensiale for steinsprang ( $>45^\circ$ ) og kan gi utfall av steinsprangblokker. Blokker i fjellsida under moglege utfallsområder tyder på at det har vore fleire utfall. Det blei også observert blokker i sjølve planområdet, under skrentar.
- Frekvensen av utløp inn i planområdet vurderast til å være låg då det ikkje er registreringar eller hendingar av steinsprang inn i planområdet, eller ned på vegen langs med planområdet.

Basert på feltarbeid er det relativt lågt sannsyn for steinsprang inn i planområdet. Det mest sannsynlege er steinsprang frå skrentane like over planområdet. Det blir vurdert at det er større sannsyn enn 1/100 for utfall inn i området, men snøskred vil vere dimensjonerande for alle delar det er potensiale for steinsprang og vi gjer difor ikkje ei meir detaljert vurdering.

### 3.3. Snøskred

Snøskred kan bli utløyst i terrenget med helling mellom 30-50°. Ein stor del av terrenget over planområdet har terrenghelling 30-50°, og heile planområdet ligg innafor NGI sitt kombinerte aktsemndskart for steinskred og snøskred (Figur 22). NGI sitt aktsemndskart er meir gjeldande enn NVE sitt aktsemndskart for snøskred der det er tilgjengeleg (NVE 2014).



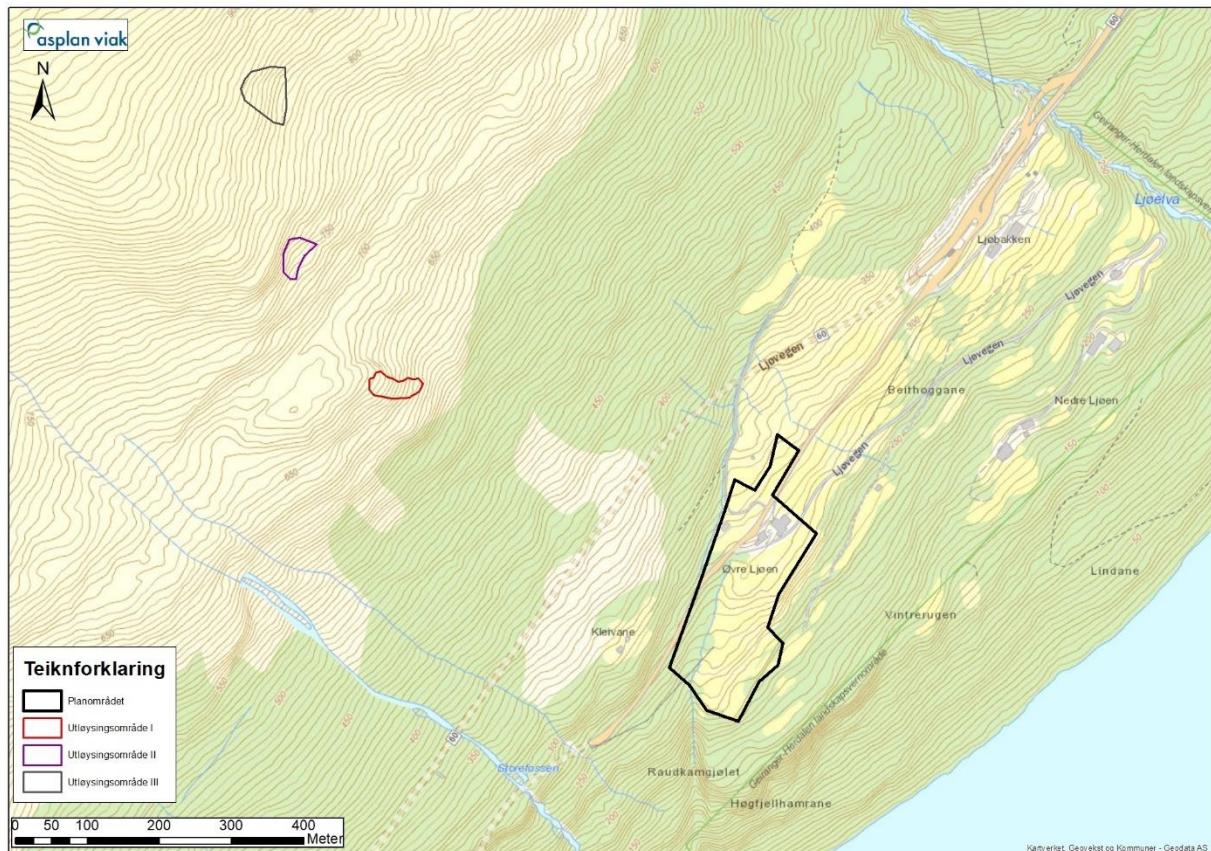
Figur 22: Heile planområdet ligg innanfor NGI sitt kombinerte aktsemdskart for steinskred og snøskred.

Det er tre område som utpeikar seg som moglege større løysneområde for snøskred mot planområdet, gitt i Figur 23. Elles er mykje av terrenget med gradient  $>30^\circ$  skogkledd, noko som reduserer sannsynet for utløsing av snøskred betydeleg.

Dei 3 områda har blitt valt ut som moglege løysneområde for snøskred på grunnlag av:

- Løysneområde I:
    - Gjennom gjentatte skredhendingar frå dette området veit vi at dette området ofte blir utløyst som følgje av mykje nedbør i form av snø, etterfyldt med nedbør i form av regn. Ifølgje oppdragsgjevar er det heile sva-området som blir utløyst (Figur 12; Figur 13). Sist kjende hending er frå 2000. Då la det seg opp 5 m med snø på den gamle fylkesvegen.
  - Løysneområde II:
    - Ei sør-austvendt forsenking/skålformasjon i le for nedbørsførande vindretning som kan samle større mengder med snø. Delar av området er skogkledd, men av mindre fjellbjørk som har lite å seie for å redusere sannsynet for utløysing. Terrenget overflata er også dekt av massar av ur, noko som skapar ei viss ruheit. Skog og ur gjer at det må ein viss snöhøgde til for at det skal bli utløyst større snøskred frå dette løysneområdet. Det er ikkje oss kjent at det har blitt utløyst snøskred frå dette området, men terrenget tilseier at det er eit visst sannsyn. Snøskred frå dette løysneområdet vil fylge mykje av same bana som løysneområde I (Figur 11).
  - Løysneområde III:
    - Austvendt skålformasjon i le for nedbørsførande vindretning som kan samle større mengder med snø. I skogen under løysneområdet er det teikn til tidlegare erosionsspor etter moglege snøskred (Figur 11).

For løysneområde I har vi valt å simulere med friksjonsverdiar som tilsvavar eit noko vått snøskred då vi veit at dette området blir utløyst som fylgje av regn på tørr nysnø. For løysneområde II og III har vi valt å simulere med friksjonsverdiar som tilsvavar eit noko tørt snøskred då vi antek at det må store nedbørsmengder til i form av nysnø for at dette området skal bli utløyst. Meir om simulering av snøskred i avsnitt 3.3.1.



Figur 23: Område vurdert til å vere moglege løysneområde for snøskred med retning mot planområdet.

### 3.3.1. Modellering av snøskred (RAMMS)

Som eit supplement i vurderinga av retning og utbreiing til snøskredmassar og mogleg flytehøgde har me utført simuleringar av snøskred i RAMMS (Christen m.fl., 2010). Det er modulen for snøskred i versjon 1.7.0 som er anvendt. Denne dynamiske modelleringa blir særleg brukt til å sjå kva for eit strøymingsmønster snøskredmassar vil kunne ha i ei fjellsida. Resultat av skredmodellering blir brukt til å etterprøve og underbygge vurderingar av forventa skredutløp basert på andre kjelder som skredhistorikk, feltobservasjonar og skjønn. Resultata frå modellkjøringane vil også hjelpe oss for dimensjoneringa av sikringstiltak.

- Det har blitt brukt ulike sett med friksjonsparameter i modellkjøringane. Alle simuleringane er gjort med parametersett «Large avalanche», og høgdeintervalla er justert til norske forhold (NIFS 2015) der nedjustering av høgdenivå i RAMMS etter skoggrense kan vere ein fornuftig vurdering for norske skredløp. Simuleringane er antatt å indikere utbreiing av sjeldne snøskred med årleg sannsyn opp til 1/1000.
- Ein terregnopløysning på 5m har blitt brukt for alle kjøringane. Det finns terrengdata for området med høgare terregnopløysning, men i periodar med mykje snø i terrenget, når sannsynet for større snøskred gjerne er til stades, vil mindre terrenghformasjonar vere snødd ned. Ingen av modellkjøringane er utført med skog som ekstra friksjon.
- Resultata i RAMMS tek ikkje med trykkverkingar som følgje av mogleg skredvind og dette må vurderast i etterhand.

- For å finne døgnnedbøren har vi nytta vêrstatistikk frå NVE (2019) som er basert på interpolerte data. Antatt nedbør over ein 3-døgnsperiode er ca. 170 mm for ei 1000 års nedbørshending ved 1700 moh. Simuleringa tek ikkje høgde for medrivingseffekten til snøskred nedover i skredbana, men dette har blitt justert med å auke brothøgda. Skredvolum er avgjerande for simuleringsresultata, og valt brothøgde må sjåast i samanheng med valt areal for løysneområdet. Brothøgda har vidare blitt justert for:
  - Høgde over havet. Nedbøren aukar generelt med høgda. Her har vi tatt med +/- 5cm per 100 høgdemeter.
  - Vindtransport av snø inn i område som ligg i le for nedbørsførande vind. Her har me tatt med ca. 50 cm innblåst snø. For Løysneområde I, som ligg ute på ein ryggformasjon har det ikkje blitt tatt med vindtransportert snø.
  - Terrenghelling i løysneområde.

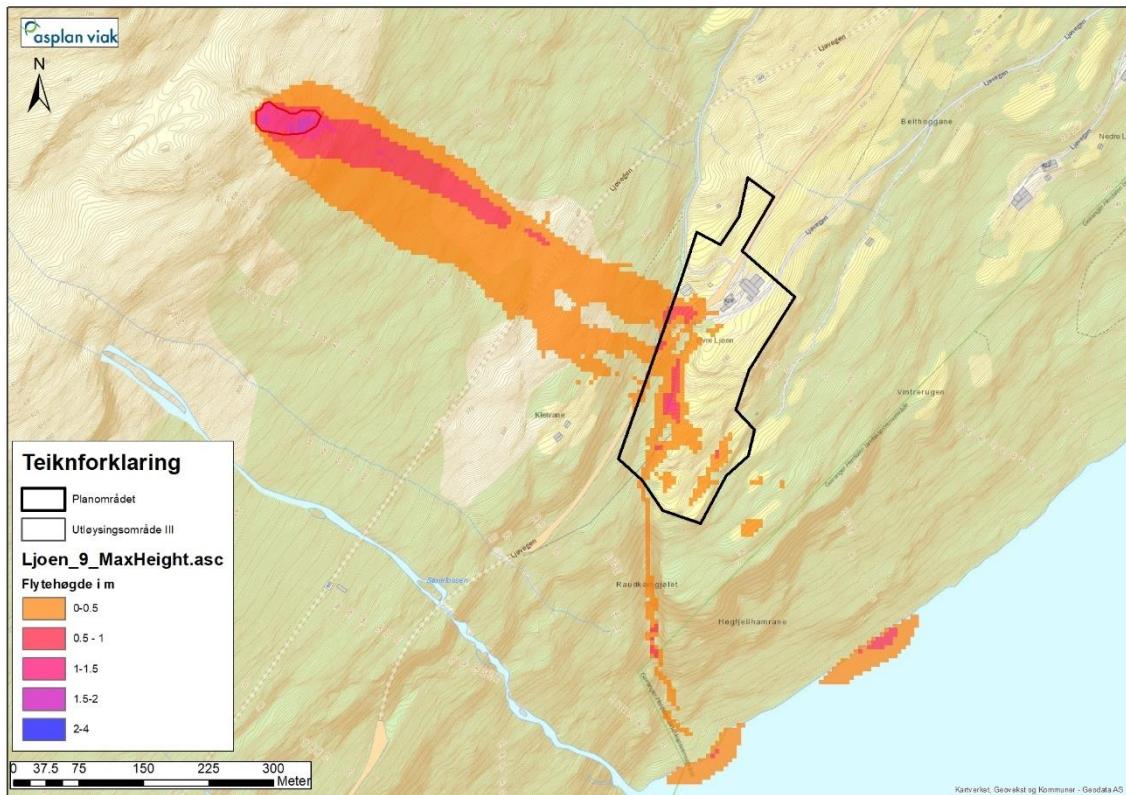
Det er ikkje forventa at eit 1000-årsskred vil bli utløyst heilt nede ved bakkenivå, og soleies vil eit 1000-årsskred i stor grad vere nysnø (3-døgnsnedbør) og innblåst snø. Verdiar valt for brotkanthøgde for dei ulike utløysingsområda er mellom 1-2 m, dette for å ta med medriving av snø i skredbana, noko modelleringsalet tek omsyn til.

### **3.3.1.1. Modelleringsresultat**

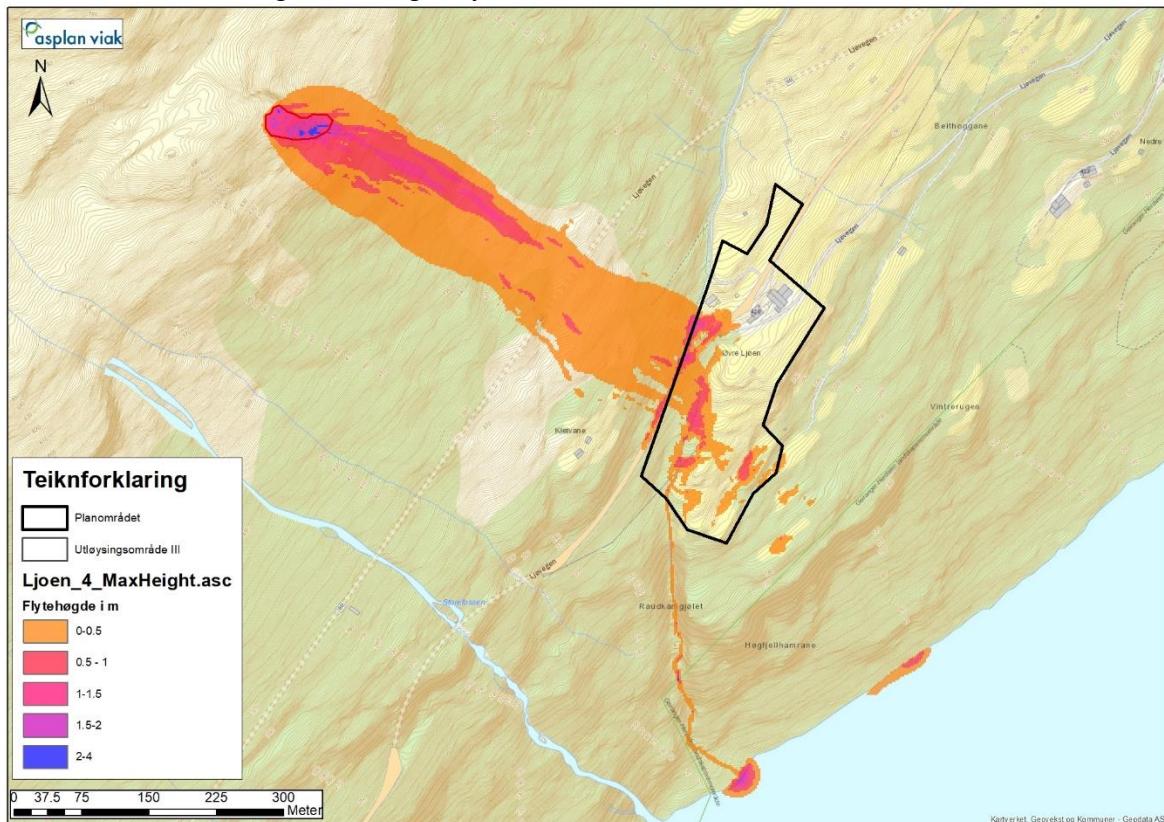
Simuleringsresultata gitt i Figur 24; Figur 26; Figur 27 viser utbreiing og flytehøgde på skredmassar. Oppsummert har alle simuleringane utløp inn i delar av planområdet. For løysneområde I og II har hovudmengda av skredmassane retning mot gardstunet og forsenkinga Raudkamgjølet, som tek retning sør frå garden (Figur 24; Figur 26). Ifølgje simuleringane vil skredmassane i stor grad bli avsett sørvest for sjølve garden. Forskjellen ved utløyst snø frå løysneområde I og II er at skredmassar frå løysneområde I vil ta retning noko meir mot sør samanlikna med skredmassar frå løysneområde II.

For løysneområde III (Figur 27) har skredløpet fallretning rett mot fjorden, og kjem delvis inn i nordaustleg del av planområdet. Det har vore historisk sørpeskredhending langs med dette skredløpet.

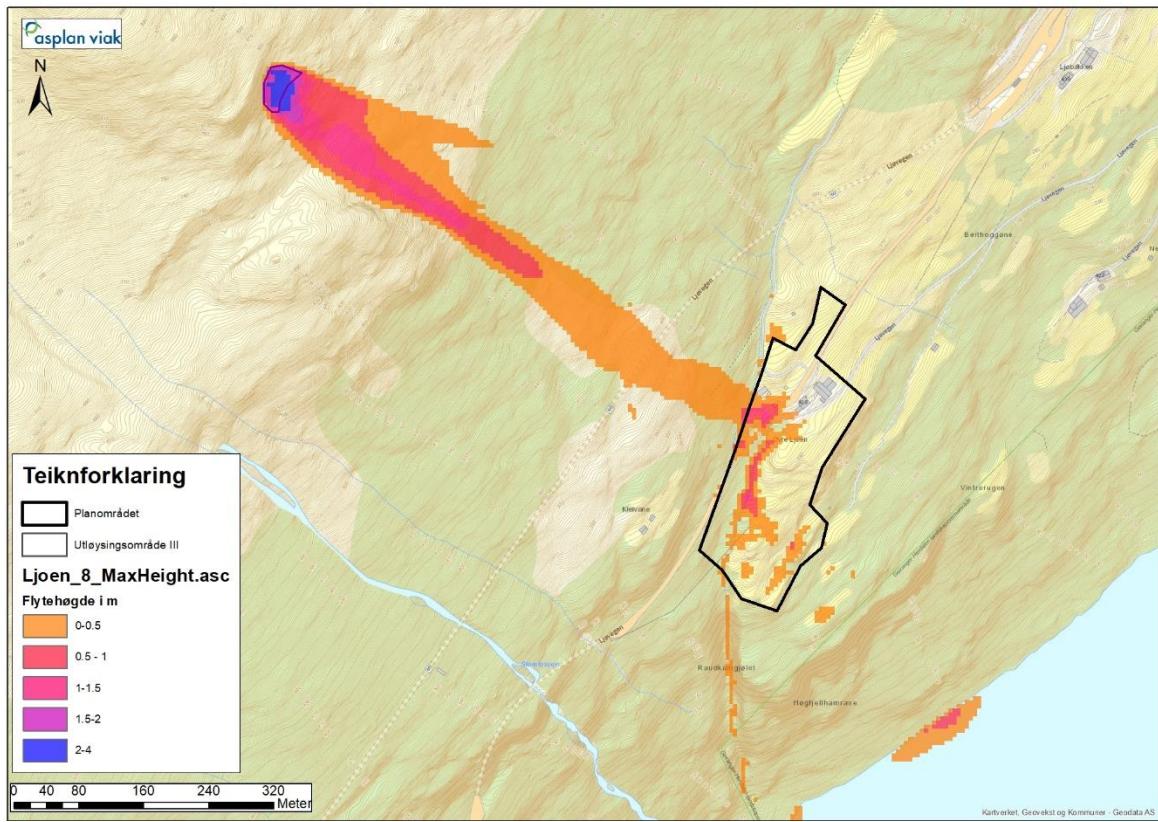
For løysneområde I ser vi at med friksjonsverdiar som tilsvavar eit vått snødekke (Figur 25), vil flytehøgda vere større ved gardstunet, og meir av massane bli avsett ved gardstunet. Av tidlegare skredhendingar veit vi at det har blitt avsett større snøskredmassar på den gamle fylkesvegen. Simuleringane får ikkje fram større avsetningsmassar på vegen. Det er difor grunnlag for å tru at det på grunn av mindre snø i terrenget, våtare snødekke og skog vil vere meir friksjon i skredbana, og skredmassane vil i større grad stoppe opp der terrenget flatar ut (som på vegen) for første gong, og ikkje gå heilt ned til fjordnivå.



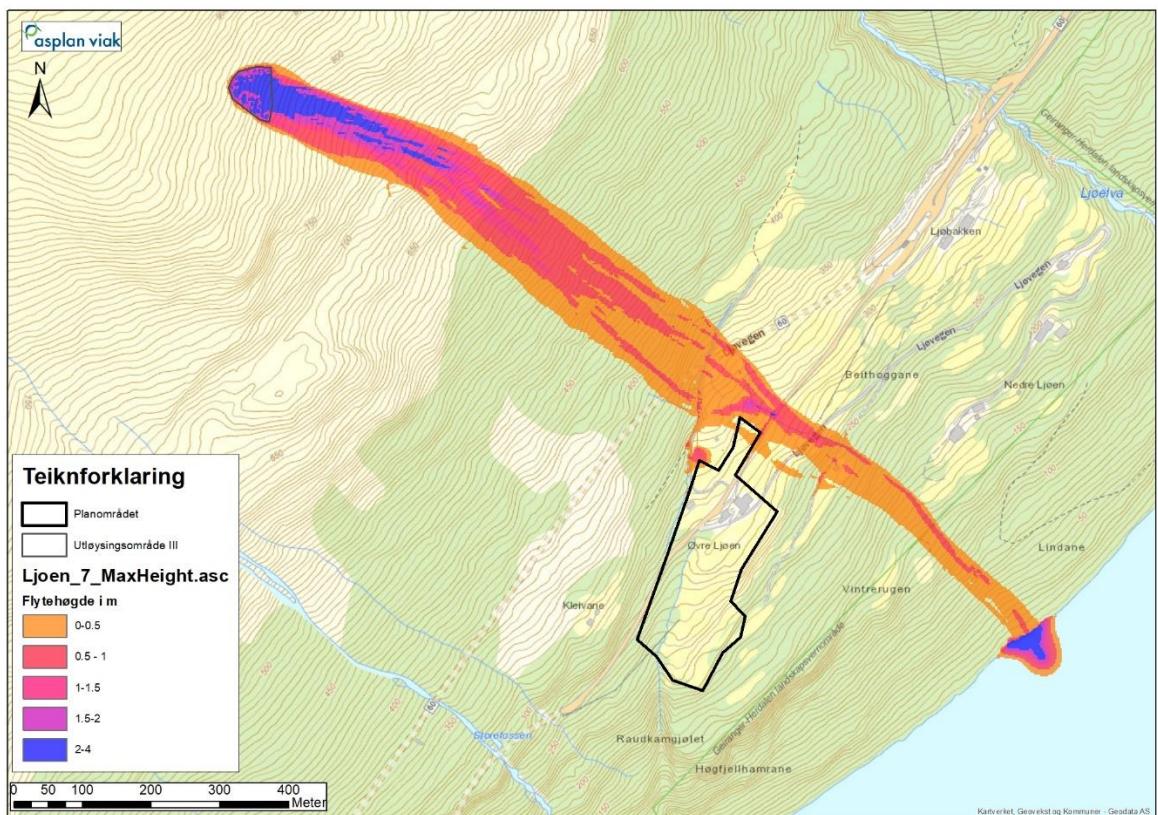
Figur 24: Simulering Ljoen\_9 med utløyst snøskred frå Løysneområde I (svaet) som viser maks flytehøgde av skredmassar med brothøgde 1,5 m, og friksjonsverdiar som tilsvavar eit relativt tørt snødekke.



Figur 25: Simulering Ljoen\_4 med utløyst snøskred frå Løysneområde I (svaet) som viser maks flytehøgde av skredmassar med brothøgde 1,5 m, og friksjonsverdiar som tilsvara eit relativt vått snødekke.



Figur 26: Simulering Ljoen\_8 med utløyst snøskred frå Løysneområde II som viser maks flytehøgde av skredmassar med brothøgde 2 m, og friksjonsverdiar som tilsvara eit relativt tørt snødekke



Figur 27: Simulering Ljoen\_7 med utløyst snøskred frå Løysneområde III som viser maks flytehøgde av skredmassar med brothøgde 2 m, og friksjonsverdiar som tilsvara eit relativt tørt snødekke.

### **3.3.2. Diskusjon snøskred**

Gardstunet har vore der sidan 1600-talet. Vi veit at den gamle fjøsen har blitt råka av skredmassar i 1855. Ifølgje oppdragsgjever sto då fjøsen på oppsida av fylkesvegen, og ikkje nedsida som i dag. Bustadhuset har blitt treft av snøskredmassar i 1982, og i 2000 stoppa snøskredmassane på vegen. Vi veit ikkje kva for løysneområde som råka bustadhuset eller fjøsen, men vi veit at hendinga i 2000 blei utløyst frå løysneområde I.

Ut ifrå simuleringsresultata kan vi seie noko om strøymingsretningar til moglege skredmassar, og ved hjelp av historiske hendingar kan vi seie noko om sannsynet. Løysneområde I har større sannsyn for å bli utløyst då det er observasjonar på at dette ofte blir utløyst, samanlikna med løysneområde II og III.

### **3.3.3. Oppsummert vurdering av snøskred**

Store deler av planområdet ligg utsett til for snøskred med ulikt sannsyn:

- Løysneområde I blir vurdert til å kunne gje snøskredmassar med øydeleggande kreftar ned på planområdet med eit årleg nominelt sannsyn større enn 1/100. Dette er basert på historiske og nylege skredhendingar, og simuleringer av snøskred.
- Løysneområde II blir vurdert til å ha ei årleg nominell sannsyn lågare enn 1/1000. Terrengformasjonen tilseier at det kan samle seg mykje snø, men skog og massar av ur i løysneområdet gjer at sannsynet blir vurdert til å vere lågt. I dei øvste delane av skredbana er det også skog, dette tilseier at løysneområdet ikkje har høgt gjentaksintervall.
- Løysneområde III blir vurdert til å kunne gje snøskredmassar med øydeleggande kreftar ned på planområdet med eit årleg nominelt sannsyn større enn 1/1000. Terrengformasjonen tilseier at det kan samle seg mykje snø. Erosjonsspor i skogen etter skred/fråvær av skog av gjer at vi vurderer at snøskred frå dette området har eit visst gjentaksintervall. Hendinga frå 1855 kan vere snøskred frå dette løysneområdet.
- Ingen av løysneområda er av større storleik ( $> 10\,000\text{m}^3$ ). Det vert vurdert at løysneområda ikkje vil danne øydeleggande skred vind. Det er ikkje registrert skadar i området som følge av skred vind.

I Figur 29 er faresoner for snøskred innteikna. Faresonene oppsummerar våre vurderingar.

### **3.4. Sørpeskred**

Sørpeskred er vassmetta skred som oftast løysnar under intens snøsmelting eller kraftig regnvêr.

Desse løysnar ofte i avrenningsområde og bekkedalar, men også i område med liten gradient.

Sørpeskred oppstår som oftast når det er dårleg drenering pga. tele og is. Sørpeskred kan også løysne i snødemte sjør eller vassdrag. Ofte løysnar dei også frå myrområde eller dyrka mark/beitemark.

Det er kjende historiske sørpeskredhendingar på Ljøen. Desse er registrert nord for planområdet, på Nedre Ljøen og på Lindane. Ut frå plasseringa av skredhendingane er det grunn til å tru at løysneområdet for desse skredene har vore beitemark på oversida av bygningane. Eventuelt kan det vere det opne området utan særleg vegetasjon vist i Figur 11.

Terrenget i øvre delar av fjellsida ligg ikkje særskild godt til rette for utløysing av sørpeskred då den er jamnt bratt slik at vatn i snødekket får sjansen til å drenere ut. Over planområdet er det ei jamt hellande fjellside utan særskilde bekkar eller dreneringskanalar ned mot planområdet. Det er skog i fjellsida og heller ikkje beiteområde av stor storleik rett over planområdet. Dette gjeld heller for området nord for planområdet.

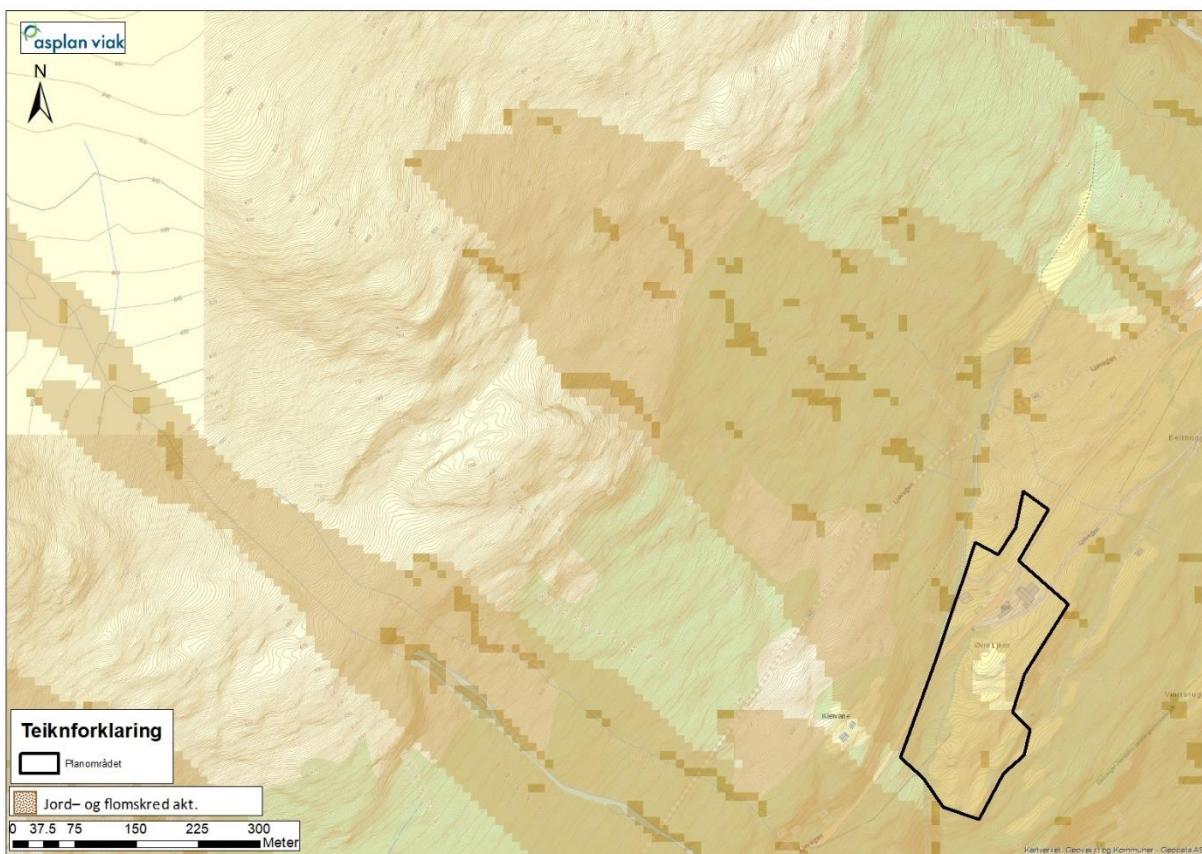
At det ikkje er historiske sørpeskredhendingar ned mot planområdet (garden frå 1600-talet) tilseier at det ikkje er særleg utsett for sørpeskred.

Ei utbetring av dreneringa med grøfter på innsida av vegen over beitemark i nord har også redusert sannsynet for utløysing av sørpeskred noko då vatnet no har ein fast dreneringsveg.

På grunnlag av at gardstunet ikkje har historiske sørpeskredhendingar mot seg, at det er generelt meir vegetasjon i fjellsida, og at det er utført avbøtande tiltak i høve dreneringa i området vurderer vi at det er mindre sannsyn enn 1/1000 for sørpeskred inn i planområdet. Delar av planområdet i nord kan bli råka av sørpeskred då det ligg nær bekken på dyrka mark som ligg nord for planområdet.

### 3.5. Lausmasseskred

Aktsemndskartet for lausmasseskred frå atlas.nve.no viser at det er potensiale for lausmasseskred inn i planområdet (Figur 28).



Figur 28: Aktsemndskart frå atlas.nve.no viser at planområdet ligg innafor potensielt utløpsområde.

Det vurderast vidare at sannsynet for lausmasseskred inn i planområdet er svært lågt, og dette er basert på følgande argument:

- Det er ingen registrerte større skredhendingar relatert til lausmassar i, eller i nærleiken av, planområdet. Dette tydar på at lausmasseskred ikkje er ein typisk skredprosess for området.
- Det er ikkje registrert utglidningar eller stader med potensiale for utglidningar av lausmassar som kan ha utløp ned mot planområdet på synfaring.
- Det er ikkje observert teikn til lausmasseskred som raviner, ryggar/lober eller vifteavsetningar i felt eller på skyggerelieffkart.
- Terrenget er kartlagt som tynn morene eller fast fjell

Vi kan ikkje utelukke mindre utglidningar i fjellsida, men vurderer at det er mindre sannsyn enn 1/5000 for at jord- og flaumskred når planområdet. Snø- eller sørpeskred med mykje lausmassar i seg kan vere aktuelt og likne på lausmasseskred.

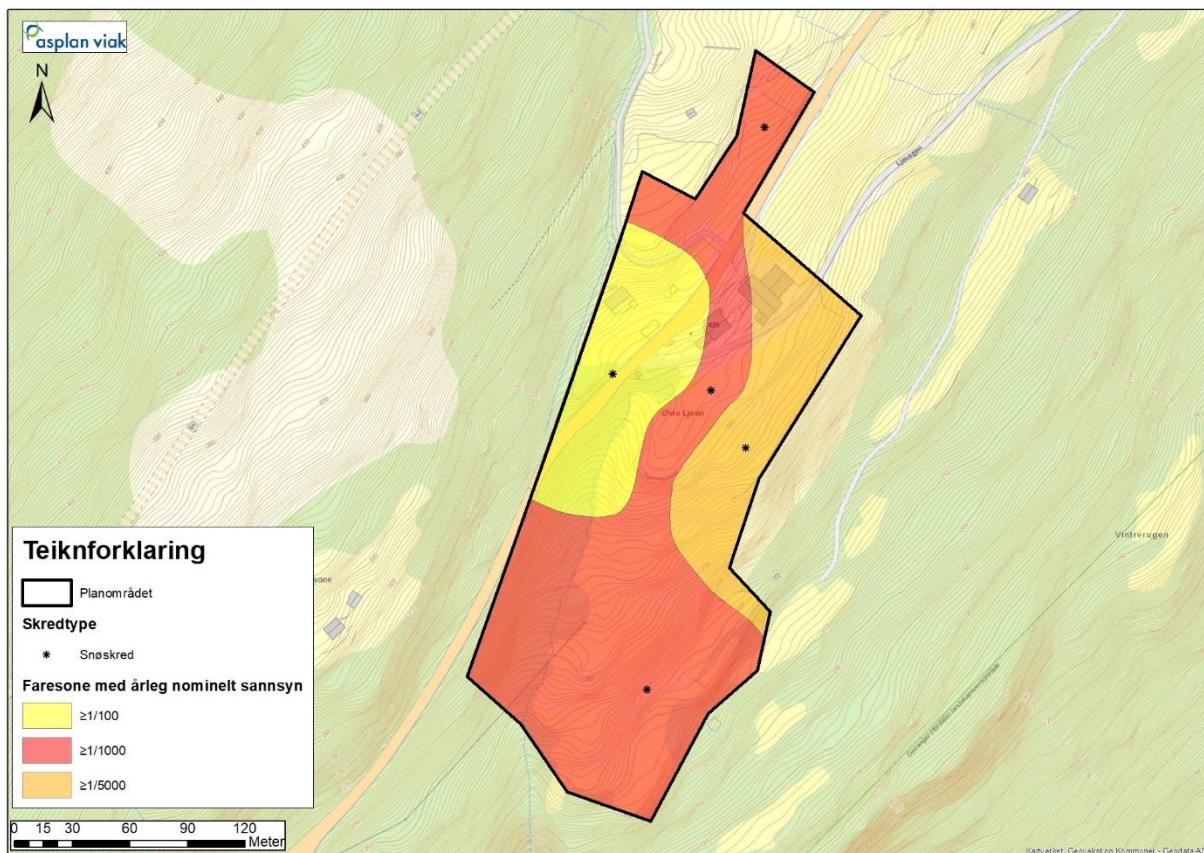
## 4. FARESONEKART

### 4.1. Faresoner skred

For planområdet har vi etter vurderinga utført i Kapittel 3 teikna faresoner for skred med årleg sannsyn 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Dimensjonerande skredtype for heile planområdet er snøskred. I tillegg til snøskredfaren er også andre skredfarar gjeldande innanfor planområdet. Steinsprang frå brattkantane rett over og i planområdet utgjer ein potensiell fare. Heilt nord i planområdet er det også fare for sørpeskred inn i delar av området. Dersom ein sikrar området for snøskred må likevel lokale skrentar i og rett over planområdet vurderast nærmere med omsyn på om desse då er gjeldande, og eventuelt sikrast.

For detaljar sjå Figur 29.



Figur 29: Faresoner for skred for planområdet på Øvre Ljøen. Snøskred er dimensjonerande skredtype.

## 5. FORSLAG TIL TILTAK OG NAUDSYNTE DIMENSJONAR

Føremålet for reguleringsplanen er hotellverksemdu, gardstun og amfi/konsertscene, og dei ulike tiltaka må vurderast opp mot ulike tryggleioklasser, sjå Tabell 1. Då det er fleire skredbaner som kan råke planområdet er det komplisert å krevjande å sikre heile planområdet. Oppdragsgjevar har gitt noko førebels føringar på kvar hotellområdet skal etablerast. Bustadhus og amfi/konsertscene skal stå der dei står i dag.

Terrenget i bakkant av planområdet er bratt. Dette gjer at skredmassane raskt får høg hastigkeit etter at dei har blitt løyst ut, og dei vil halde stor hastigkeit til terrenget flatar ut ( $<11^\circ$ ). Terrenget flatar først ut ved planområdet. Høge hastigheiter på skredmassane, bratt terreg og lite areal og samle eventuelle skredmassar på, gjer at det blir utfordrande å etablere sikringstiltak ovanfor planområdet. Sikringstiltak bør plasserast så langt ut i skredløpet som mogleg. Dette har samanheng med at skredmassane blir lettare å styre når skredet har mindre hastigkeit og det er mindre intern rørsle i skredmassane.

Det mest realistiske forslaget er å etablere ledevoll(er) i sjølve planområdet slik at skredmassar blir leda vekk frå eksisterande og ønska tiltak, og inn i forsenkinga sør for planområdet, Raudkamgjølet. Ved etablering av ledevoll er det fleire punkt som tas omsyn til ifølgje SVV sin handbok (2014):

- Vinkelen mellom skredets og vollens retning
  - All erfaring med bruk av ledevoll er at vinkelen mellom skredmassane og voll ikke bør overstige ein kritisk verdi (SVV, 2014). Helst bør denne vinkelen ikkje overstige  $20^\circ$ . Ved stor vinkel, vil det gjerne bli mykje oppstiving av skredmassar.
- Hellinga langs vollkrona og hellinga i skredløpet i skredets retning
- Vollen må ha tilstrekkeleg høgde for å oppretthalde/endre retninga til skredmassane, og for å hindre at skredmassane flyt over vollane. Dei viktigaste faktorane til val av effektiv vollhøgde er:
  - Hastigkeit til skredet
  - Flytehøgde
  - Breidde
  - Vinkel mellom skredretning og voll
  - Helling på skredsida av vollen
  - Snøhøgde i området
- Helling på støysida av vollen bør vere så bratt som mogleg
  - En ledevoll har vesentleg betre effekt med aukande helling på vollside mot skredet
- Utforming av utgravingsområdet
- Drenering av vollområdet og vegen
- Erosjonssikring av området

For å sikre gardstunet og hotellområdet må det utførast ulike tiltak, og dei ulike tiltaka kan utførast uavhengig av kvarandre. Ved å etablere begge forslaget gitt i avsnitt 5.1 og 5.2 vil store delar av gardstunet og søraustleg del av planområdet, område avsett til hotell, vere tilstrekkeleg sikra.

### 5.1. Forslag til sikring av hotellområdet

Ut ifrå simuleringsresultata, strøymingsretningar og tidlegare hendingar anbefalar vi at forsenkinga sør i planområdet blir utnytta for å lede vekk skredmassar. Ved å både utbetre forsenkinga ved å gjere ho djupare, og delvis erosjonssikre, samt etablere ein ledevoll langs med austleg del av bekkeløpet, vil skredmassar halde seg i forsenkinga. Forslag til plassering av voll er gitt i Figur 30.

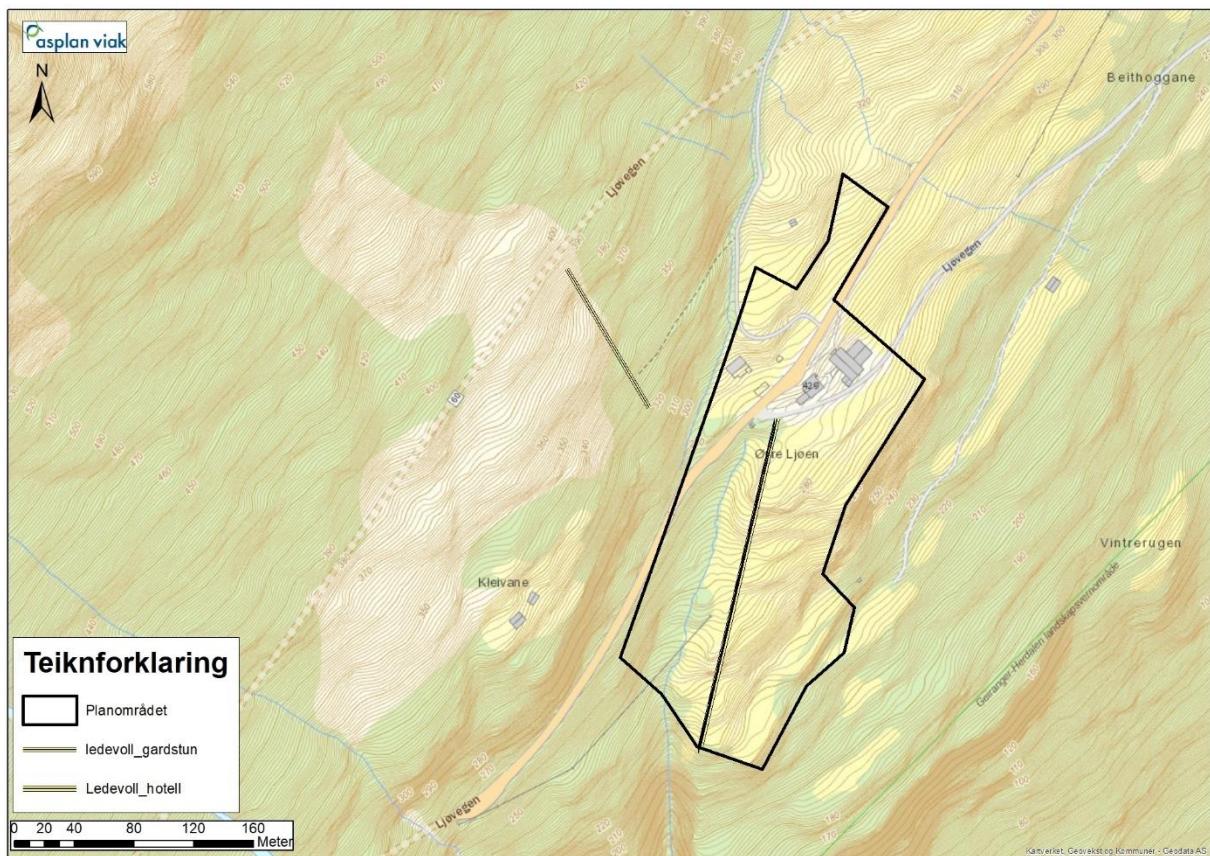
Vi les av simuleringsresultata langs med høgda aust for forsenkinga, ca. langs med plassering av voll. Her les vi av at skredmassane kan ha ei flytehøgde opp mot 1 m og fart på 5 m/s. Når retninga på skredmassane endrar seg, vil hastigheita på skredet føre til at massane får ein ekstra oppstuvingshøgde mot vollen og dette må takast omsyn til. Skredmassane treff voll i forslaget med

ein vinkel på ca. 55°. Vi bruker likning 6.5 gitt i SVV (2014), og kjem fram til ei oppstuvingshøgde på 1 m. Tek ein også omsyn til snøhøgde på ca. 2 m og flytehøgde på 1 m, kjem ein fram til vollen bør ha ei effektiv høgde på 4 m for å skulle hindre skredmassar i å hoppe ut av løpet. Ifølgje SVV si handbok (2014) bør minimal høgde på ledevoll vere 5 m. Med ein høgde på 5 m fangar ein i større grad opp usikkerheita i dimensjoneringa. Det faktum at skredmassar treff voll med ein høg vinkel gjer at det blir takast høgde for stor grad av oppstuvning. Lengda på vollen er skissert til å vere 225 m. Ved utbetring av forsenkinga, kan effektiv høgde på ledevoll reduserast noko.

## 5.2. Forslag til sikring av gardstun

For å skulle lede skredmassar vekk ifrå gardstunet er eit forslag å sette opp ein ledevoll over planområdet. Mykje av terrenget er som sagt bratt (>30°) og kan gje utfordringar i form av etablering av voll, men over GPS punkt 12281, rett ovanfor stien bak amfiet/konserthuset, slakar terrenget noko ut, og ein ledevoll kan truleg plasserast.

Ut ifrå simuleringsresultata lest av langs med skissert ledevoll, ser vi at skredmassane kan ha ei flytehøgde opp mot 1 m og fart på 15 m/s. Skredmassane treff forslag til voll med ein vinkel på ca. 20°. Vi bruker likning 6.5 gitt i SVV (2014), og kjem fram til ei oppstuvingshøyde på 1,5 m. Tek ein også omsyn til snøhøgde på ca. 2 m og flytehøgde på 1,5 m, kjem ein fram til at vollen bør ha ei høgde på 5 m for å skulle hindre snøskredmassar i å hoppe ut av løpet og nå planområdet. Lengda på vollen er skissert til å vere 110 m. Skisse av forslag er gitt i Figur 30.



Figur 30: Grov skissering av foreslått tiltak for å sikre store delar av gardstunet og området tiltenkt hotell.

## **6. KONKLUSJON**

---

Basert på observasjonar i felt, tidlegare skredhendingar i form av spor i terrenget og registreringar, klima, berekning av skredutløp og strøymingsretning av skredmassar og fagleg skjønn blir det vurdert at planområdet ikkje tilfredsstiller lovverket sitt krav til tryggleik mot skred i bratt terrenget for tryggleiksklasse S1 og S2, og S3 for planområdet.

Området kan sikrast slik at det kan utnyttast til dei føremåla som er tiltenkt. Grove skisseringar og dimensjonering av ledevollar er gitt i Kapittel 5.

I den vidare prosessen må endeleg sikringskonsept vurderast saman med oppdragsgjevar og deretter detaljdimensjonerast og prosjekterast.

## KJELDER

---

NIFS: Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred. Rapport 107-2015. Oslo. 2015

NVE. Ekstern rapport nr. 61/2019. Utarbeidd av NGI; Faresonekartlegging i Stranda kommune.

NVE. 2014a. Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak. Veileder 8 – 2014. Oslo.

RAMMS (v1.7.0) modul for Avalanche. User manual.

Rockyfor3D (v.5.2) revealed. Transparent description of the complete 3D rockfall model.

Statens Vegvesen. Håndbok 138. Veger og snøskred. 2014. Oslo.

PaGeCo. 2017. Vurdering av skredfare i samband med bygging av konsertarena «Fjellgården Øvre Ljøen» på Ljøen i Stranda kommune.

**Nettsider:**

[www.atlas.nve.no](http://www.atlas.nve.no)

[eklima.met.no](http://eklima.met.no)

[geo.ngu.no/kart/nadag/](http://geo.ngu.no/kart/nadag/)

[www.senorge.no](http://www.senorge.no)