

Hafslund AS

Låvi kraftverk – Skredfarevurdering

Forstudie

Oppdragsnr.: 52404641 Dokumentnr.: R005 Revisjon: J01 Dato: 2025-11-06



Norcon

Låvi kraftverk – Skredfarevurdering

Forstudie

Oppdragsnr.: 52404641 Dokumentnr.: R005 Revisjon: J01



Oppdragsgiver: Hafslund AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Einar Johan Ruud
Rådgiver: Norconsult Norge AS
Oppdragsleder: Franziska Ludescher-Huber
Fagansvarlig: Kristian Loftesnes
Andre nøkkelpersoner: Torgeir Fiskum Hansvik

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J01	2025-11-06	Oppdatert notat N03 til rapport	TORHAN	KTLOF	FLH

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Norconsult har utført en skredfarevurdering for Låvi kraftverk som en del av forstudien for trinn 1 av effektutvidelsen i Aurland. Vurderingen dekker deponier, adkomstveier, tunnelpåhugg, og andre relevante infrastrukturtiltak. Formålet med vurderingen er å identifisere spesielt utsatte områder og vurdere skredteknisk gjennomførbarhet for anleggsarbeid. Videre foreslås det risikoreduserende tiltak.

Utførte undersøkelser:

- Feltarbeid ble gjennomført 27. august 2024, inkludert kartlegging av løsneområder, utløpsområder og vegetasjon. Det ble også utført dronefotografering.
- Vurderingen omfatter alle typer skred fra bratt terreng (med unntak av fjellskred), ved områder rundt Låvi, Låvisdalen og Vassbygdi.
- For store deler av aktuelt område er det tidligere utarbeidet faresoner for skred fra GeoRisiko og NGI. Disse er verifisert i felt.

Vurderingen viser at skredfaren er reell i flere deler av det planlagte prosjektområdet. Det er ingen permanente konstruksjoner som utgjør en viktig funksjon som har uakseptabel skredrisiko. Risikoen i anleggsfasen er relevant, og flere steder er det vurdert behov for tiltak i byggefasen. For vurdering av akseptabel risiko for personell som arbeider i skredutsatt terreng finnes det ikke definerte akseptkriterier eller grenseverdier for skredsannsynlighet. Det er flere faktorer som påvirker vurdering av skredrisiko, mellom annet skredsannsynlighet, grad av eksponering, konsekvens av skred med mer. Flere av disse faktorene er per nå ikke avklart og må følgelig vurderes senere i prosjektet.

Deponi Låvisdalen 1

Det vurderes som skredteknisk gjennomførbart å etablere deponi. Mindre snøskred fra Nuken er aktuelle for vestsiden av deponiet, østsiden ligger nær et kartlagt snøskredløp og adkomstveien i Låvisdalen er utsatt for alle skredtyper. Disse er håndterbare ved tiltak, men det vil kunne bli restriksjoner i bruk i perioder med høy skredfare. I forbindelse med rehabilitering av Viddalen damanlegg 2021-2023 er det utført en rekke skredfarevurderinger av GeoRisiko AS. Det er gjennomført anleggsarbeider over flere vintersesonger i Låvisdalen, noe som har påkrevd løpende skredfarevurderinger og tiltak i form av eksempelvis skredutløsning for å ivareta sikkerhet til personell.

Påhugg tverrslag Låvisdalen

Påhugg for ny tunnel er tenkt i området ved eksisterende tverrslag. Lokale sikringstiltak under anleggsperioden må vurderes. Et aktuelt sikringstiltak kan være fanggjerd over påhugget.

Inntak Viddalsvatn

Noen løsneområder for steinsprang på klippene. Begrenset sannsynlighet for blokkering av inntak. Fornuftig plassering under fremkant av terrengrygg.

Adkomstveg opp Låvisdalen

Det er gjennomført anleggsarbeider over flere vintersesonger i Låvisdalen, noe som har påkrevd løpende skredfarevurderinger og tiltak i form av eksempelvis skredutløsning for å ivareta sikkerhet til personell. Anbefalte tiltak (GEORISIKO AS, 2020) vurderes å være et godt grunnlag for videre håndtering av snøskredrisiko dersom det vil være aktuelt med vinterarbeider i Låvisdalen i samband med bygging av nytt

Låvi kraftverk. Steinsprangfaren vurderes som lavere enn 1/20 og tilfredsstillende dermed Statens vegvesen sikkerhetskrav til skred for trafikk i flyt for antatt trafikkmengde ($\text{ÅDT} < 500$). Det er jord- og flomskredfare langs vegen. Det anbefales å vise hensyn til NVEs skredvarsel for jord, flom og sørpeskred ifm. anleggsarbeid i området, og det kan bli nødvendig med restriksjoner i bruk av veg i perioder med forhøyet risiko for jordskred.

Vassbygdi

Deponi Vassbygdi: Det vurderes som skredteknisk gjennomførbart å etablere planlagt deponi, men faren for steinsprang fra fjellsiden vurderes som reell og dels betydelig. Det er kartlagt et betydelig antall nyere skredblokker, spesielt i vestre del, der det er skissert en skredvoll ved fylkesvegen. Mulige løснеområder for steinsprang ned på planlagt deponi er svært store, og fjellsiden er over 1000 m høy. Utfall vil ofte få sprett på bergoverflaten og skytes utover. For en betydelig del av fjellsiden er det ikke skredteknisk mulig å redusere faren for steinsprang da løснеområdet er så omfattende. Deponiet er derfor i all hovedsak lagt utenfor 1/100 faresone for skred. Deponimasser vil også brukes til å etablere en skredvoll langs Fylkesvegen i vestlig del. Generelt vil områder nærmest foten av dalsiden ha størst skredsannsynlighet, men som følge av lange sprett vil skredhendelser med relativt lav returperiode kunne nå et godt stykke ut fra skråningsfot. Dette underbygges av at det er registrert 6 steinspranghendelser som har nådd Fv. 50 i løpet av de siste 14 år. Det må vurderes hvorvidt en ved risikoreduserende tiltak kan oppnå akseptabel sikkerhet for personell for størst mulig del av avsatt areal. Behov for administrative tiltak som stengning av anleggsarbeid under perioder med mye nedbør er aktuelt.

Påhugg transporttunnel: Av hensyn til skredfare og anleggstekniske forhold er det planlagt påhugg vest for eksisterende tunnel. Også her vurderes steinsprangfaren som reell, men som følge av noe lavere dalsidehøyde, noe slakere topografi og hyller/avsatser med dempende vegetasjon er risikoen for sprettblokker mindre langs fot av dalsiden. Det vil også være mulig å etablere fanggjerd for å beskytte tilkomstveg og påhuggsområdet under anleggsarbeidene.

Deponi Låvi 1 og Låvi 2

Det vurderes som skredteknisk gjennomførbart å etablere planlagt deponi.

Det er flere historiske flomskredhendelser og sørpeskred ned mot deponiområdet og helt til dalbunnen. Det største skredløpet følger Tverrelvi som kommer ned i dalbunnen mellom deponi Låvi 1 og Låvi 2. Revidert deponiområde er lagt utenfor dette skredløpet og er tilpasset skredfaren. En må i videre faser avklare om en skal erosjonssikre østre del av Låvi 1 eller flytte deponikant mot vest. Utføre simuleringer i Tverrelvi indikerer at skredfaren i området nedstrøms i liten grad påvirkes av deponiet. Enkelte bekkeløp ned mot både Låvi 1 og 2 er utsatt for flomskred, her må deponiutforming ses i sammenheng med tilpasning til hydrologiske forhold. Administrative tiltak tilpasset farevarsel for jord og flomskred anbefales, og det kan bli aktuelt å begrense opphold i deponiområder som ligger nær bekker og raviner, samt på tilkomstvegen til Låvi 2, i slike perioder.

Låvi 2 og spesielt Låvi 1 er utsatt for snøskred i vintersesongen. Store løснеområder på den vestlige fjellsiden gjør området utsatt for snøskred, som kan nå dalbunnen omtrent hvert 50. år. Skal det utføres anleggsarbeid på vinteren ved deponi Låvi 1 og 2, anbefales det et skredvarslingsregime som løpende vurderer risiko for hendelser av størrelse som kan nå ned til anleggsområdet. Det kan være aktuelt å utforme nytt deponi som en barriere mot snøskred fra fjellsiden for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet for tomter i dalbunnen.

Det vurderes som gjennomførbart å etablere deponier som tiltenkt ut fra steinsprangrisiko. Steinsprangfaren må likevel hensyntas i utforming og opparbeiding av deponi, denne er størst ved deponi Låvi 2. Ved å etablere deponikant med overhøyde mot fjellsiden, og hele tiden arbeide med en «fanggrøft» mot fjellsiden

vil en redusere risiko for at eventuelle steinsprang treffer personell. Steinsprangfaren øker mot øst, og i østre ende av deponi 2 må det vurderes nærmere hvorvidt en kan etablere deponiet tett inntil berghammeren, eller om det må settes av en sikkerhetssone med tanke på risiko i anleggsfasen. Skissert deponi ligger inne med 20 meter avstand mot fjellsiden.

Ved planlagt påhugg for adkomsttunnel vil steinsprangfaren fra den ca. 50 m høye skrenten ovenfor måtte håndteres med bergsikring i form av eksempelvis rensk og boltesikring.

Utløp Onstad

Ved Onstad skal det etableres påhugg for tverrslag til utløpet, samt et riggområde i dagen. Påhugg ligger ved foten av en bergskrent med høyde inntil ca. 200 m. Det er ikke gjort skredkartlegging på stedet, men ut fra flyfoto virker det å være dels betydelige uravsetninger i skråningen over påhugget. Det antas at plasseringen ligger innenfor faresone S1 ($p > 1/100$). Deler av det planlagte riggområdet nærmest fjellsiden kan ikke benyttes til brakkerigger med varig opphold uten at det eventuelt gjennomføres sikringstiltak. Steinsprang er dimensjonerende skredtype. Skredfare, og eventuelle behov for sikringstiltak over påhugg må vurderes videre ved detaljplanlegging.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn og hensikt	6
1.2	Utførte undersøkelser	7
1.3	Gjeldene retningslinjer og styrende dokumenter	7
1.4	Forutsetninger for skredfarevurderingen	9
1.5	Grunnlagsmateriale	9
1.6	Eksisterende skredvurderinger	10
	Faresonekartlegging Aurland kommune (NGI, 2023):	10
	GeoRisiko AS:	10
2	Skredfarevurdering	11
2.1	Låvisdalen; Deponi 1, påhugg tverrslag og adkomstveg	11
	Snøskred	12
2.1.1	Steinsprang	13
2.1.2	Jord -og flomskred	13
2.1.3	Etablering av påhugg for tverrslag i Låvisdalen	13
2.1.4	Oversiktsbilder med beskrivelse.	14
2.1.5		
2.2	Ustabilt fjellparti Viddalen	21
2.3	Vassbygdi	22
2.3.1	Snøskred	23
2.3.2	Steinsprang	24
2.3.3		
2.4	Låvi 1 og Låvi 2. Påhugg adkomsttunnel.	29
2.4.1	Snøskred	30
2.4.2	Steinsprang	32
2.4.3	Jordskred, flomskred og sørpeskred	34
2.4.4	Tilpasning av deponi Låvi 1 og Låvi 2:	40
2.5	Tverrslag og rigg ved Onstad	40
3	Generelt om utforming av deponi i skredområder	42
4	Referanser	44

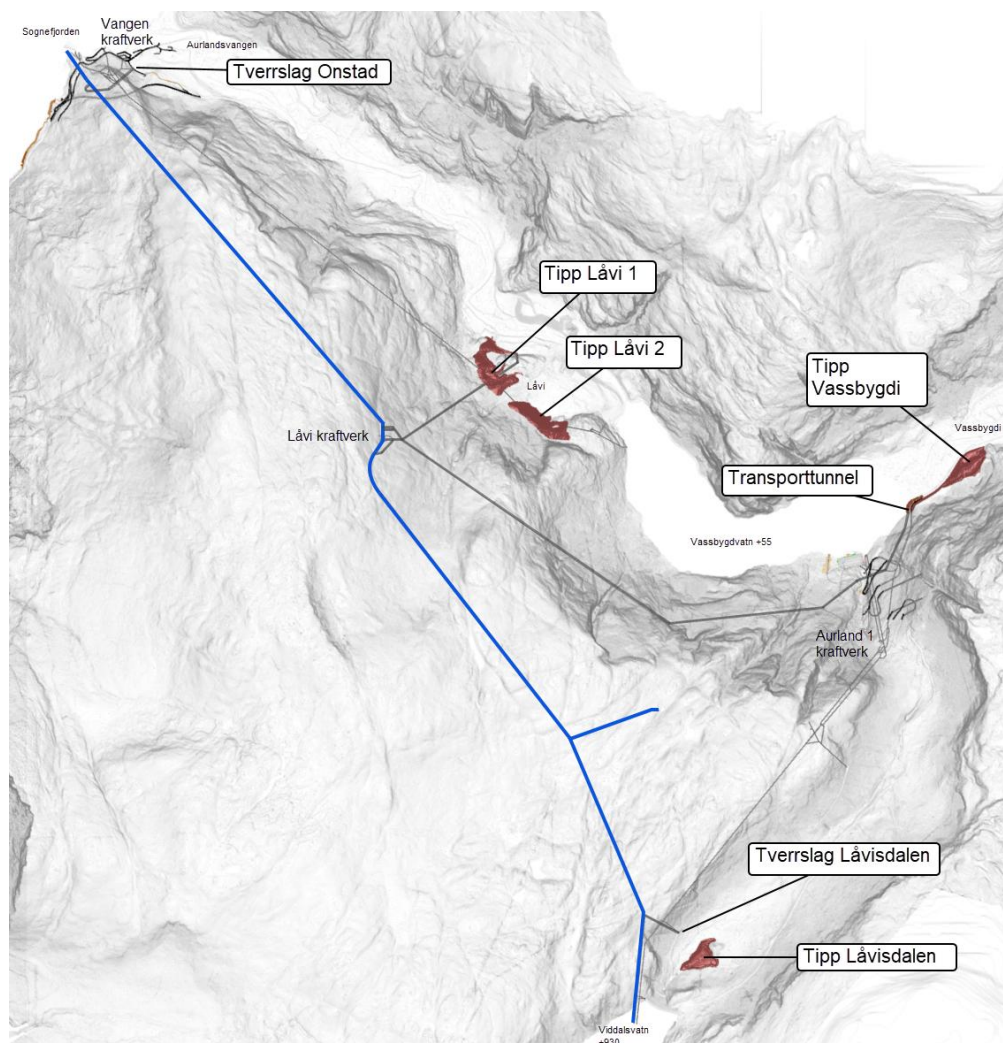
1 Innledning

1.1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult er engasjert av Hafslund for å gjennomføre forstudie av trinn 1 av effektutvidelse i Aurland. Prosjektet omfatter et nytt Låvi kraftverk, og er skissert med inntak i Viddalsvatn og utløp ved Otnes nær Aurlandsvangen.

Formålet med denne vurderingen er å identifisere potensielle skredfarer i forbindelse med utbygging av Låvi kraftverk, inkludert anleggsområder, deponier, adkomstvei og tunnelpåhugg. Vurderingen skal gi grunnlag for å iverksette nødvendige utredninger og sikringstiltak for å redusere risikoen for skade på anlegg og personell under bygge- og driftsfasen.

I gjeldende versjon av rapporten er det gjort supplerende vurderinger av skredfare for deponi Låvi 1 og 2, deponi Vassbygdi og deponi Låvisdalen 1. Utformingen av deponiene er endret siden forrige versjon av skredfarevurderingen som ble presentert i notat N03_J01.



Figur 1: Oversiktskart over de vurderte områdene.

1.2 Utførte undersøkelser

Feltarbeid i forbindelse med denne skredfarevurderingen har bestått i befaring av det aktuelle området for å gjøre observasjoner og registreringer. Befaring ble gjort av Torgeir Fiskum Hansvik og Kristian Loftesnes 27.08.2024. Under befaringen var det ustadig vær, lite vind og snøfritt terreng. Befaringen hadde som hensikt å kartlegge sannsynlige løseområder for skred, bergblotninger, løsmasser, sannsynlig størrelse på eventuelle fremtidige skredhendelser, sannsynlige utløpsområder og tegn til pågående erosjon. Det ble fotografert med drone.

1.3 Gjeldene retningslinjer og styrende dokumenter

I denne skredvurderingen er kun prosjektets tiltak som kan påvirkes av skred i bratt terreng relevante. Dette omfatter inntak i Viddalsvatn, Tverrslag Låvisdalen, Tverrslag Vassbygdi, deponier og adkomstveier. Ulike retningslinjer gjelder de ulike delene av tiltaket:

- For eventuell plassering av brakkerigg i driftsfasen kan sikkerhetskravene i TEK17 § 7-3 være relevante. Sikkerhetskravene er forklart i dette avsnittet.
- For adkomstvegen kan SVVs Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg være en relevant retningslinje. Sikkerhetskravene er forklart i dette avsnittet.
- For vurdering av akseptabel risiko for personell som arbeider i skredutsatt terreng i anleggsfasen finnes det ikke definerte akseptkriterier. Det er flere faktorer som påvirker vurdering av skredrisiko, mellom annet skredsannsynlighet, konsekvens av skred, grad av eksponering (sitter personell i maskin eller er det manuelt arbeid) med mer. Flere av disse faktorene er per nå ikke avklart og må vurderes senere i prosjektet. Her kan eksempelvis NS5815 brukes til risikovurdering.

I henhold til TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at nominell årlig sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1-1. Sikkerhetskrava kan tilfredsstilles ved å enten plassere tiltaket utenfor fareområdet, slik at sannsynlighet for skred er mindre enn minstekravet, ved å etablere sikringstiltak som reduserer sannsynlighet for skred mot tiltaket og tilhørende uteareal, eller ved å dimensjonere og konstruere tiltaket slik at de tåler belastningene et skred kan medføre. Det åpnes derfor for å vurdere sikring for å tilfredsstille sikkerhetskravet dersom en ikke kan plassere tiltaket utenfor kartlagte faresoner.

Tabell 1-1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder.

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Retningsgivende eksempel til fastsetting av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK 17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser ved skredhendelser. Eksempel er boliger med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg.

I S3 inngår byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, og/eller der skred vil føre til store økonomiske og/eller samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

For eventuelle planlagte bygg for opphold anbefales det at krav til sikkerhet fastsettes iht. TEK17 §7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, u.d.) og NVE (NVE, 2023). For denne analysen foreligger det ikke et gitt sikkerhetskrav fra oppdragsgiver og Norconsult har derfor plassert brakkerigg i sikkerhetsklasse S2, og vurdert at et skredscenario med nominell årlig sannsynlighet lik 1/1000 vil være nærliggende å legge til grunn for en brakkerigg med maksimalt personopphold 25 personer.

Skal det oppholde seg mer enn 25 personer i brakkeriggområdet må det gjøres tilleggsvurdering for S3 for det aktuelle området.

Sikkerhetskravene for skredsannsynlighet på veg er gitt i vegnormal N200 Vegbygging (Statens Vegvesen, 2024).

Tabell 2: Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg hentet fra vegnormal N200.

 Tabell 1.7—1 — Sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg

Dimensjonerende trafikkmengde ^a	Samlet skredsannsynlighet per år ^b
< 500	1/20
500 – 3999	1/50
4000 – 5999	1/100
6000-11 999	1/300
≥ 12 000	1/1000

a Nye veger dimensjoneres ut fra beregnet trafikkmengde i prognoseåret, dvs. 20 år etter åpningsår, se [N100 Veg- og gateutforming \[1\]](#).

b Sannsynlighet for skred angis som en årlig sannsynlighet for at skred skal treffe veg. Med skred menes her hendelser som har potensiale til å stenge veg eller føre til ulykker. Sannsynlighet for skred vurderes for det enkelte skredløp. For skred som ikke følger markerte skredløp, som for eksempel steinsprang, gjøres det en skjønnsmessig vurdering av skredets utstrekning. Sannsynlighet for skred kan vanligvis ikke beregnes eksakt, men baseres på beregninger og faglig skjønn. Dette kalles nominell sannsynlighet.

Adkomstvegen i Låvisdalen vil sannsynligvis ha en ÅDT på <500 og da blir sikkerhetskravet en samlet skredsannsynlighet per år på 1/20.

I henhold til NVEs veileder for konsesjonssøknad for nettanlegg skal anlegget prosjekteres, bygges, sikres og drives mv. i henhold til krav i kraftberedskapsforskriften (NVE, 2023). For anlegg som kan være utsatt for flom eller skred skal det utføres en nærmere kartlegging og vurdering av fareområde og eventuell gjentakelsesfrekvens for hendelser.

Energianlegg er unntatt fra plan- og bygningsloven og byggt teknisk forskrift (TEK 17). Kapittel 5 i kraftberedskapsforskriften setter krav om sikring av energianlegg. Søker skal gjøre en vurdering av hvilket sikkerhetsnivå det planlagte anlegget bør ha, med utgangspunkt i bl.a. anleggets klasse etter kraftberedskapsforskriften § 5-2, eventuell redundans i kraftsystemet og konsekvens ved utfall. Anleggets betydning for kraftsystemet og samfunnsinteresser setter tilsvarende krav til sikkerhetsnivå. Begrunnelsen for valgt sikkerhetsnivå skal fremgå av søknaden.

For stasjonsanlegg er NVEs retningslinje at anlegg i klasse 3 etter kraftberedskapsforskriften ikke bør være utsatt for høyere årlig sannsynlighet enn 1/5000 for skred eller 1/1000 for flom. Stasjoner i klasse 1 og 2 etter kraftberedskapsforskriften bør ikke være utsatt for høyere årlig sannsynlighet enn 1/1000 for skred eller 1/200 for flom. Kraftverket er plassert i klasse 1.

I dette prosjektet er ny infrastruktur knyttet til kraftanlegget per nå plassert i fjell.

1.4 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene som er aktuelle på utredningstidspunktet. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig.

Ifølge veileder (NVE, 2023) kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempler på endrede forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser som ikke var nevnt, endret terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endret vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endret hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogveier), oppdaget tydelige feil og mangler i tidligere skredfarevurdering og ny metodikk tilgjengelig.

Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene element (menneskeskapte) som kan medføre fare.
- Kvikkleireskredfare eller sikringstiltak mot dette.
- Mekaniske motstandsevne og stabilitet for byggverk i kartleggingsområdet (TEK17 §10 (Direktoratet for byggkvalitet, u.d.)).
- Fjellskred

1.5 Grunnlagsmateriale

Skredfarevurderingen er basert på tilgjengelig grunnlagsdata:

- Høydemodell fra 2017 med 0.25 meter oppløsning (www.hoydedata.no)
- Tilgjengelige flybilder fra 1964 til 2017 (www.norgeibilder.no)
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU (www.ngu.no/emne/kart-pa-nett)
- Skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred fra NVE atlas (atlas.nve.no)
- Skogsdata fra NIBIO (www.nibio.no/tjenester)
- Klimadata hentet fra AV-Klima (nve-av-klima.azurewebsites.net). Script basert på NVE sitt Grid Time Series API.

1.6 Eksisterende skredvurderinger

Faresonekartlegging Aurland kommune (NGI, 2023):

1.6.1 Rapporten, utarbeidet av NGI for NVE, omhandler skredfare i Aurland kommune og kartlegger ulike skredtyper som snøskred, steinsprang, flomskred, jordskred og sørpeskred i henhold til krav i NVE og TEK17. Den vurderer skredfaren både med og uten påvirkning fra skog, og faresoner med årlig nominell sannsynlighet (1/100, 1/1000 og 1/5000) er definert. Med unntak av Låvisdalen er alle vurderte delområder for Låvi kraftverk omfattet av faresonekartleggingen. Eksisterende faresonekart er vist i delkapitlene for de ulike områdene i denne rapporten. Norconsult har tatt utgangspunkt i utarbeidede faresoner og verifisert utbredelsen av disse ved feltkartleggingen.

GeoRisiko AS:

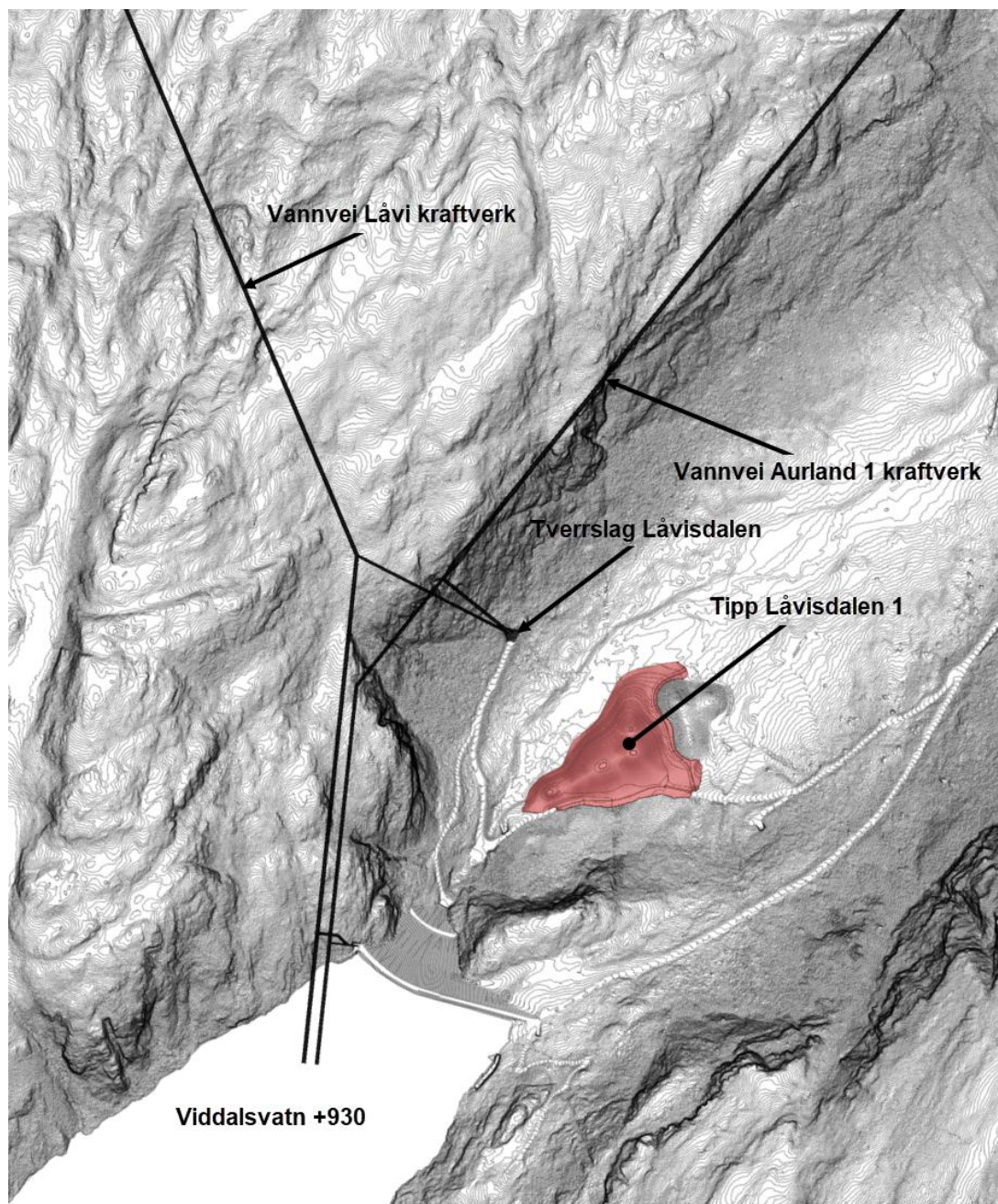
I forbindelse med rehabilitering av Viddalen damanlegg 2021-2023 er det utført en rekke skredfarevurderinger av GeoRisiko AS. Det er gjennomført anleggsarbeider over flere vintersesonger i Låvisdalen, noe som har påkrevd løpende skredfarevurderinger og tiltak i form av eksempelvis skredutløsning for å ivareta sikkerhet til personell. Adkomstveg inn Låvisdalen, samt planlagte deponier og tunnelpåhugg for Låvi kraftverk ligger alle i områder som tidligere er vurdert i følgende rapporter:

- **DEL A: DETALJERT SKREDFAREVURDERING FOR DAMANLEGG VIDDALEN DEL B: MULIGE SIKRINGSTILTAK MOT SKRED (2020)**
 - Hovedrapport som danner grunnlaget for vurderinger og mulige sikringstiltak mot skred. Inkludert faresonekart for snøskred med nominell årlig sannsynlighet på $>1/1$ og $>1/10$.
- **Skredfarevurdering for alternative plasseringer av brakkerigg, damanlegg Viddalen (2020)**
 - Rapporten vurderer skredfare for to alternative plasseringer av brakkerigg ved Viddalen damanlegg. Den konkluderer med at opprinnelig plassering (A) er mer egnet enn alternativ plassering (B), som ligger nær bratte fjellsider og krever omfattende sikring. Skredfare ved A er vurdert som lav, med noen mindre risikoer for steinsprang og snøskred.
- **Skredvurdering av adkomstvei og anleggsområde ved Viddalen (2020)**
 - Rapporten gir en detaljert vurdering av skredfaren langs adkomstveien og anleggsområdet for damanlegget. Den vurderer snøskred som den mest sannsynlige faretypen og foreslår en kombinasjon av permanente og midlertidige sikringstiltak som skredoverbygg, skredvarsling, og forebyggende snøsprenning.
- **Årsrapport for håndtering av snøskredproblematikk ved Viddalen (2021)**
 - Denne rapporten dokumenterer tiltak for å redusere snøskredfare ved damanlegg Viddalen i vintersesongen 2020/2021. Tiltak inkluderer stedsspesifikk skredvarsling, sikkerhetskurs for personell, og nedsprenning av skavler og is. Rapporten beskriver vellykkede tiltak og anbefaler videre varsling og kontroll for kommende sesonger.
- **Snøskredfarevurdering ved tre punkter, Viddalen (2023)**
 - Rapporten undersøker snøskredfaren ved tre spesifikke punkter langs tilkomstveien til damanlegget. Pkt. 1 har lav skredrisiko grunnet tett skogdekke. Pkt. 2 er mer utsatt for skavlbrudd og løssnøskred, og det anbefales snøskavlsprengning for å redusere risikoen.

2 Skredfarevurdering

2.1 Låvisdalen; Deponi 1, påhugg tverrslag og adkomstveg

Ved Låvisdammen planlegges det nytt inntak, tverrslag og deponi. Ny tverrslagstunnel er planlagt med påhugg i samme område som eksisterende. Skisse er vist under på Figur 2.

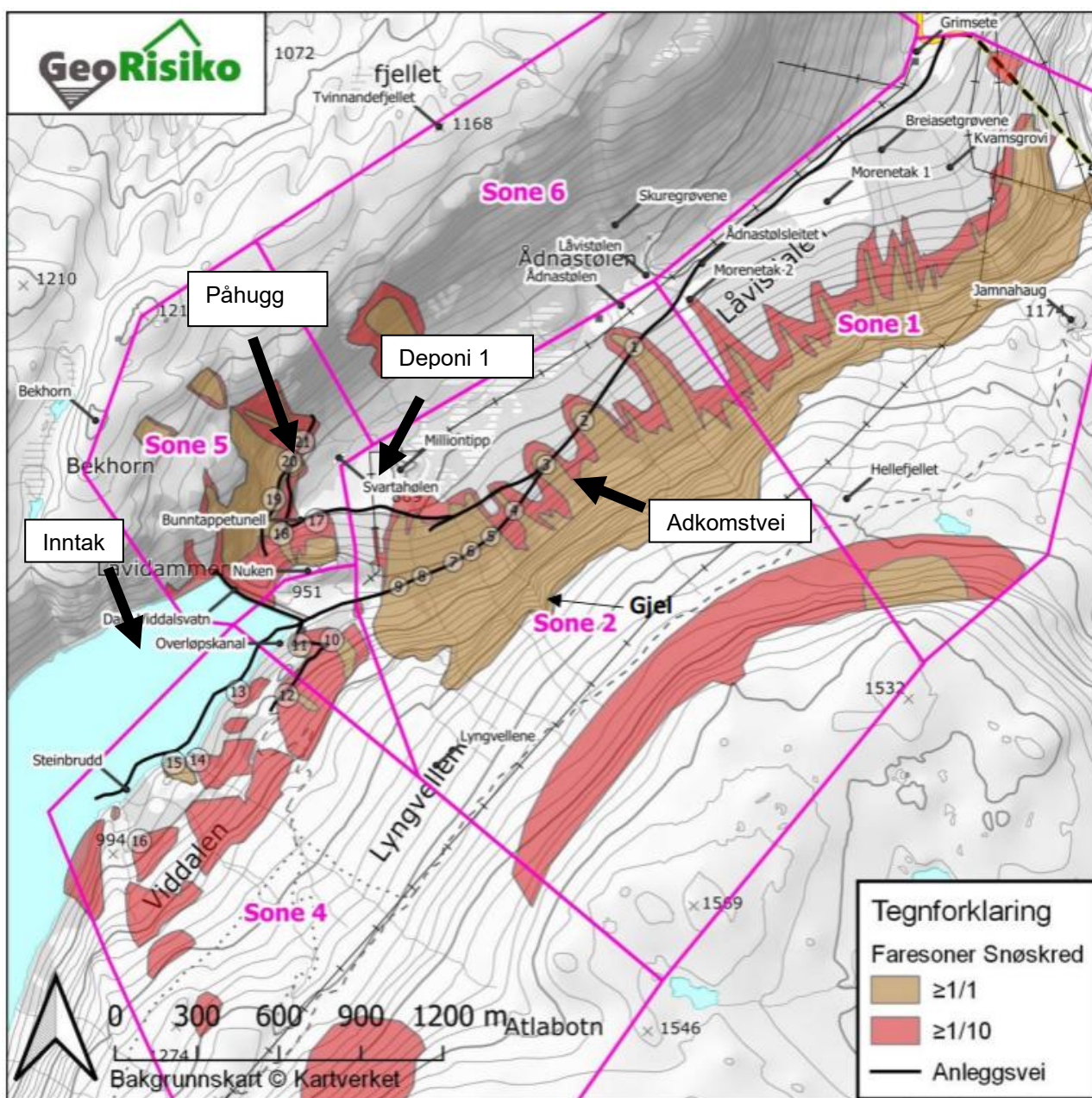


Figur 2: Skisse av planlagt inntak i Viddalsvatn, påhugg for tverrslag og deponi Låvisdalen 1 (vist med rødt) nedstrøms Viddalsdammen.

Snøskred

Låvisdalen er en snøskredutsatt dal og i forbindelse med damrehabilitering 2021-2023 ble det utført skredfarevurdering og gjennomført et varslingsregime med midlertidige tiltak som aktiv snøskredkontroll og stengning, se kapittel for oppsummering av eksisterende skredrapporter. Snøskred er dimensjonerende skredtype i området, se faresonekart for snøskred i Figur 3.

2.1.1



Figur 3: Faresoner for snøskred i Låvisdalen. Hentet fra GeoRisiko AS sin skredfarevurdering ifm. damrehabilitering. (GEORISIKO AS, 2020)

Adkomstvei til dam, deponi og tverrslag er alle utsatt for snøskred. Et område i sørlige del av selve deponiet er også utsatt for mindre snøskred fra Nuken iht. Figur 3, samt et observert flomskredløp i sør-østlig del. Under befaring er det kartlagt aktive skredløp og skredskadd skog som tyder på hyppig snøskredaktivitet. Snøskredaktiviteten avtar nordøst i dalen (sone 1 i Figur 3), dette ser man tydelig på Figur 9. Det er dokumentert at det går årvisse skred i enkelte skredløp og at disse flere steder krysser dagens anleggsveg. Blant annet går det flere snøskredløp langs raviner fra søndre fjellside ned mot dagens «milliontipp». Georisiko AS har observert skredsituasjonen over flere sesonger i 2020-2023. Anbefalte tiltak fra disse arbeidene, vurderes å være et godt grunnlag for videre håndtering av snøskredrisiko dersom det vil være aktuelt med vinterarbeider i Låvisdalen i samband med bygging av nytt Låvi kraftverk.

Steinsprang

2.1.2 Vegen opp til nytt planlagt tverrslag går tvers gjennom ei ur (Figur 5). Uravsetningene går ned til elva/dalbunnen. Det er observert skråningsparallelle sprekkesett som fører til avløsning av blokker. Rotvelt, tne/fryse-prosesser og remobilisering er aktuelle utløsningsmekanismer. Over eksisterende tverrslag og over veien er det observert flere antatt ferske skredblokker. Det er ikke observert skade på vei, men skader blir sannsynligvis reparert så dette betyr ikke at vegen ikke har blitt truffet av steinsprang. Basert på kartlagte blokker i terrenget over vegen anslås en nominell årlig sannsynlighet på 1/20 for at steinsprang treffer vegen. Steinsprangfaren avtar mot nord mot eksisterende og nytt tverrslag. Lokale sikringstiltak ved påhuggsområdet under anleggsperioden må vurderes. Et aktuelt sikringstiltak kan være fanggjerd over påhugget.

Det observert et fåtall større antatte skredblokker i dalbunnen og en kan ikke utelukke at sjeldne steinspranghendelser har utløp ned til dalbunnen. Steinsprangfaren langs adkomstveiene gjennom dalen varierer fra årlig sannsynlighet på 1/20 til 1/1000 og tilfredsstillende krav i N200.

2.1.3 Steinsprangfaren for deponi vurderes som lavere enn årlig sannsynlighet på 1/100.

Jord -og flomskred

2.1.4 Det er spor etter flere jord -og flomskredhendelser i skyggerelieffmodell. Under befaring ble det observert en fersk flomskredhendelse, vist på Figur 14. Skredet løsnet ca. 200 meter over vei og hadde utløp ca. 20 meter nedenfor vei. Det vurderes at faren for jord -og flomskred er aktuelt ved øvre tilkomstvei. Nominell årlig sannsynlighet for at veien skal treffes av jord -og flomskred anslås som lavere enn 1/10. Det anbefales å vise hensyn til NVEs skredvarsel for jord, flom og sørpeskred ifm. anleggsarbeid i området, og det kan bli nødvendig med restriksjoner i bruk av veg i perioder med forhøyet risiko for jord og flomskred.

Etablering av påhugg for tverrslag i Låvisdalen

Av hensyn til skredfare og anleggstekniske forhold, vil det trolig være hensiktsmessig å etablere påhugg for tverrslag i området ved dagens tverrslag. Lokale sikringstiltak under anleggsperioden må vurderes. Et aktuelt sikringstiltak kan være fanggjerd over påhugget.

Oversiktsbilder med beskrivelse.

2.1.



Figur 4: Skråning over inntak Viddalsvatn. Begrenset skredaktivitet. Ligger urmasser i søkk. Noen løsneområder for steinsprang på klippene. Begrenset sannsynlighet for blokkering av inntak. Fornuftig plassering under fremkant rygg.



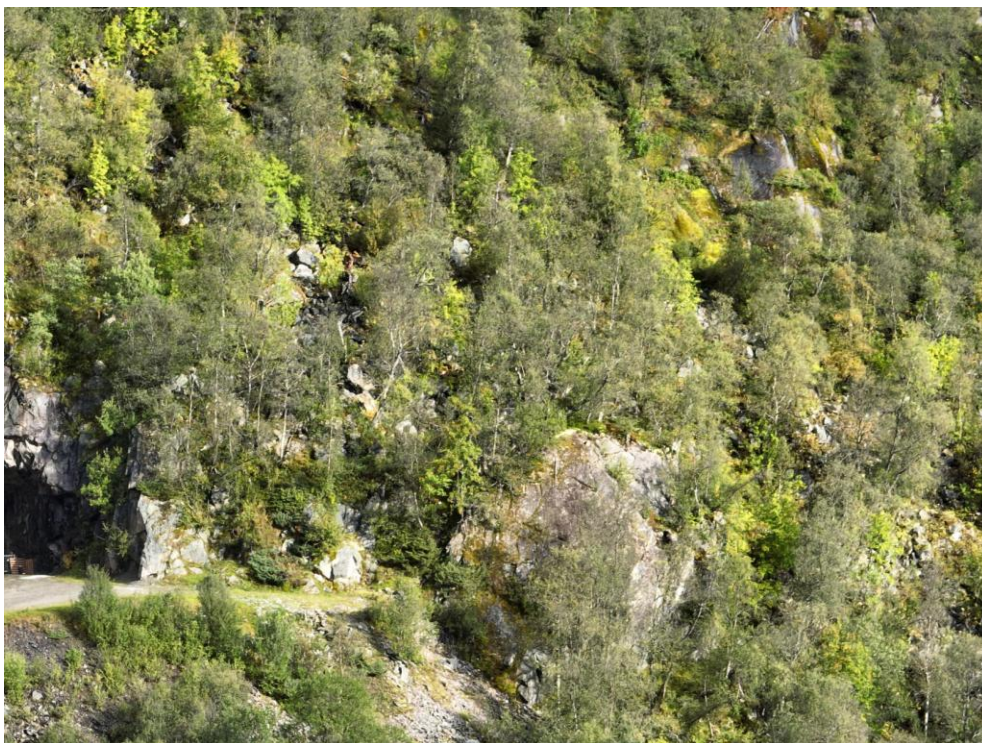
Figur 5: Skråning over adkomstveg til eksisterende og planlagt nytt tverrslag.



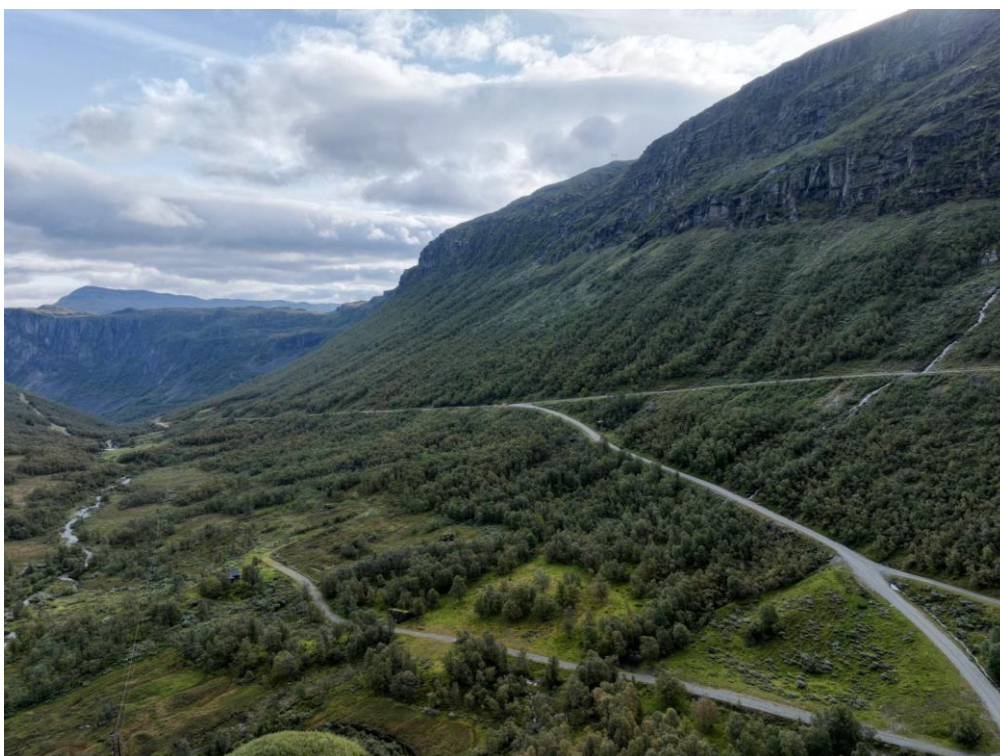
Figur 6: Skråning over eksisterende og planlagt tverrslag.



Figur 7: Nærbilde over eksisterende påhugg.



Figur 8: Nærbilde nord for eksisterende påhugg.



Figur 9: Oversiktsbilde over adkomstvei. Bildet er tatt mot nord-øst.



Figur 10: Oversiktsbilde over adkomstvei. Bildet er tatt mot nord-øst.



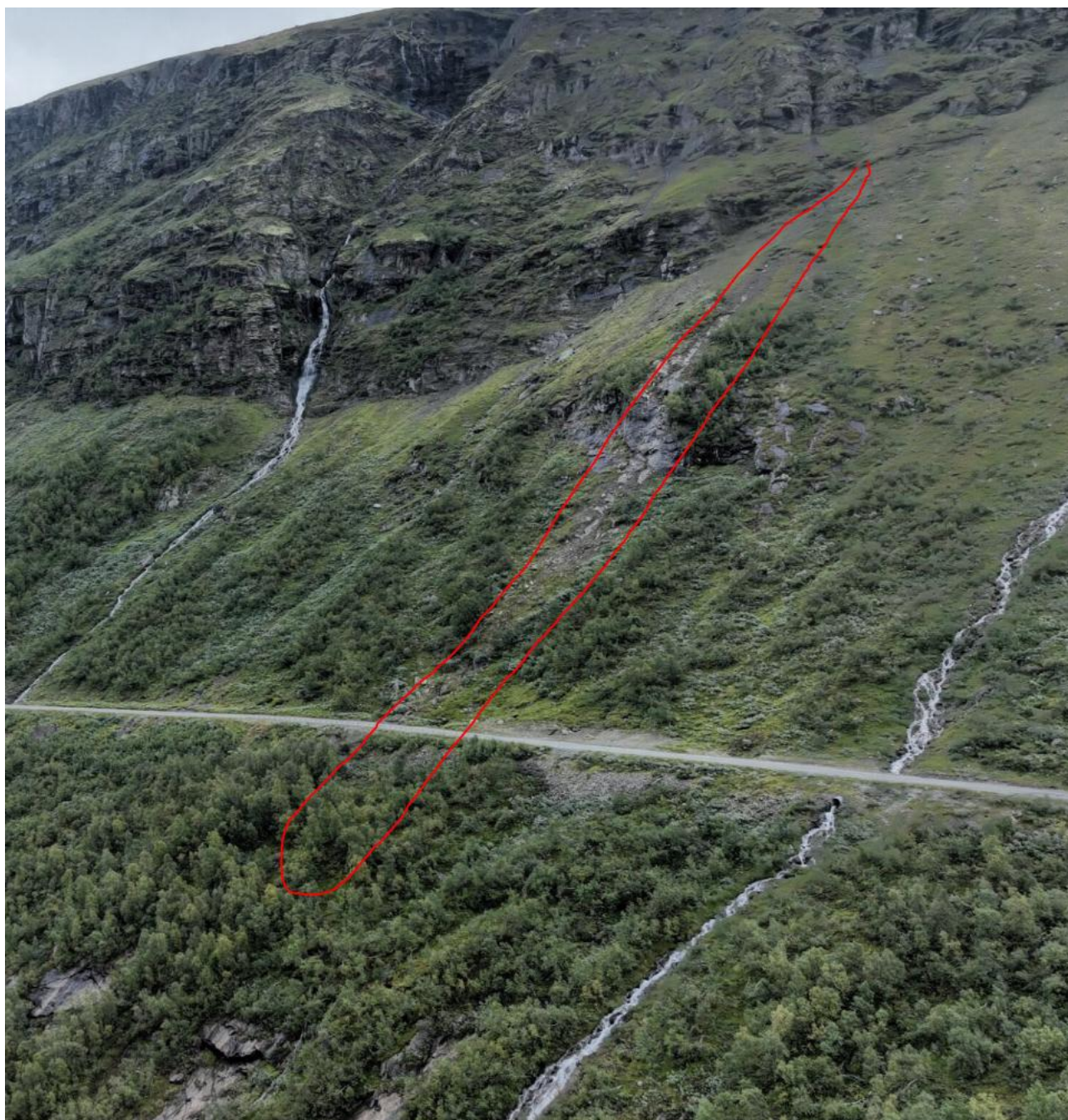
Figur 11: Oversiktsbilde over adkomstvei. Bildet er tatt mot øst.



Figur 12: Oversiktsbilde over adkomstvei. Bildet er tatt mot sør-øst.



Figur 13: Oversiktsbilde av adkomstvei. Bildet er tatt mot sør.



Figur 14: Nærbilde flomskredhendelse over tilkomstvei til dam. Bildet er tatt mot øst.



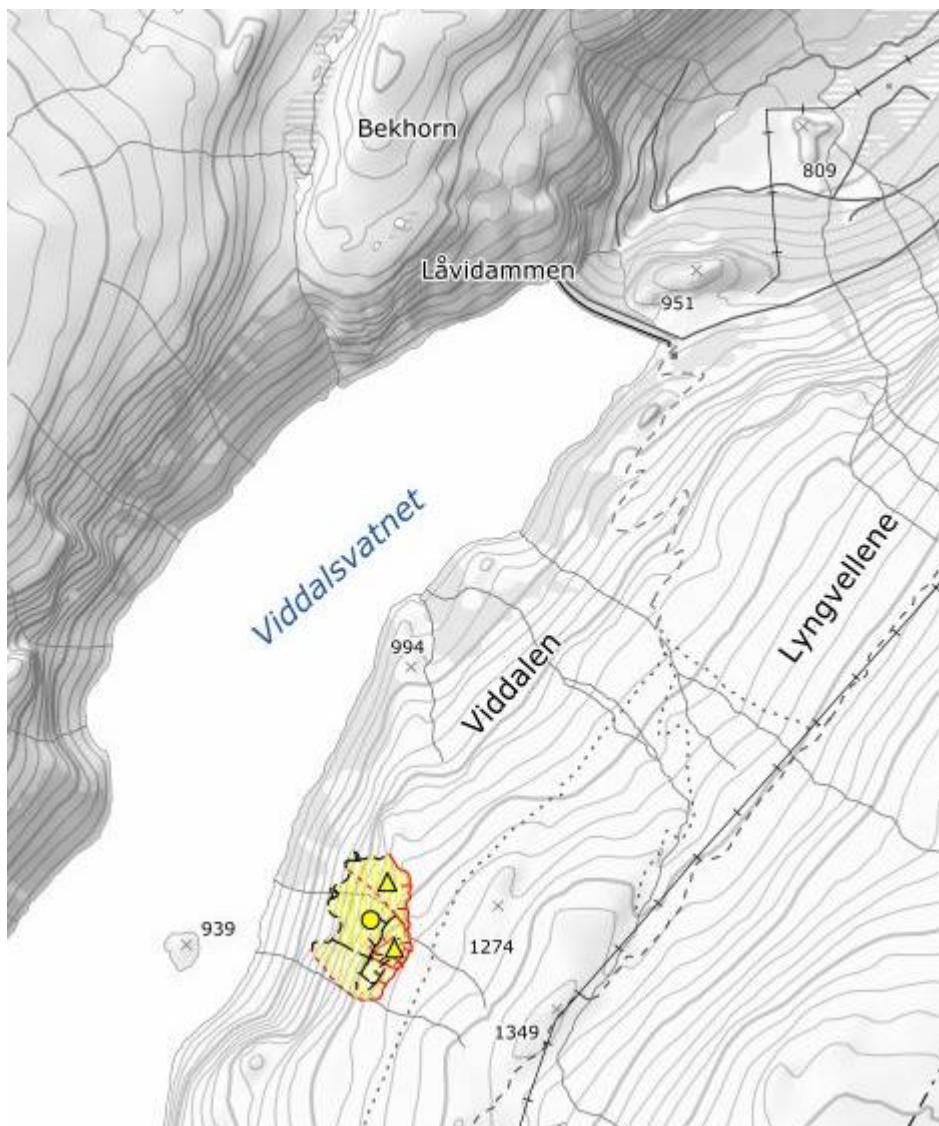
Figur 15: Nuken. Det er normalt at det dannes snøskavler på toppen av Nuken. Det kan også gå glideskred så sent som på sommeren. Ref hendelse kartlagt av GeoRisiko AS (GEORISIKO AS, 2020).



Figur 16: Oversiktsbilde mot dam. Bildet er tatt mot sør.

2.2 Ustabilt fjellparti Viddalen

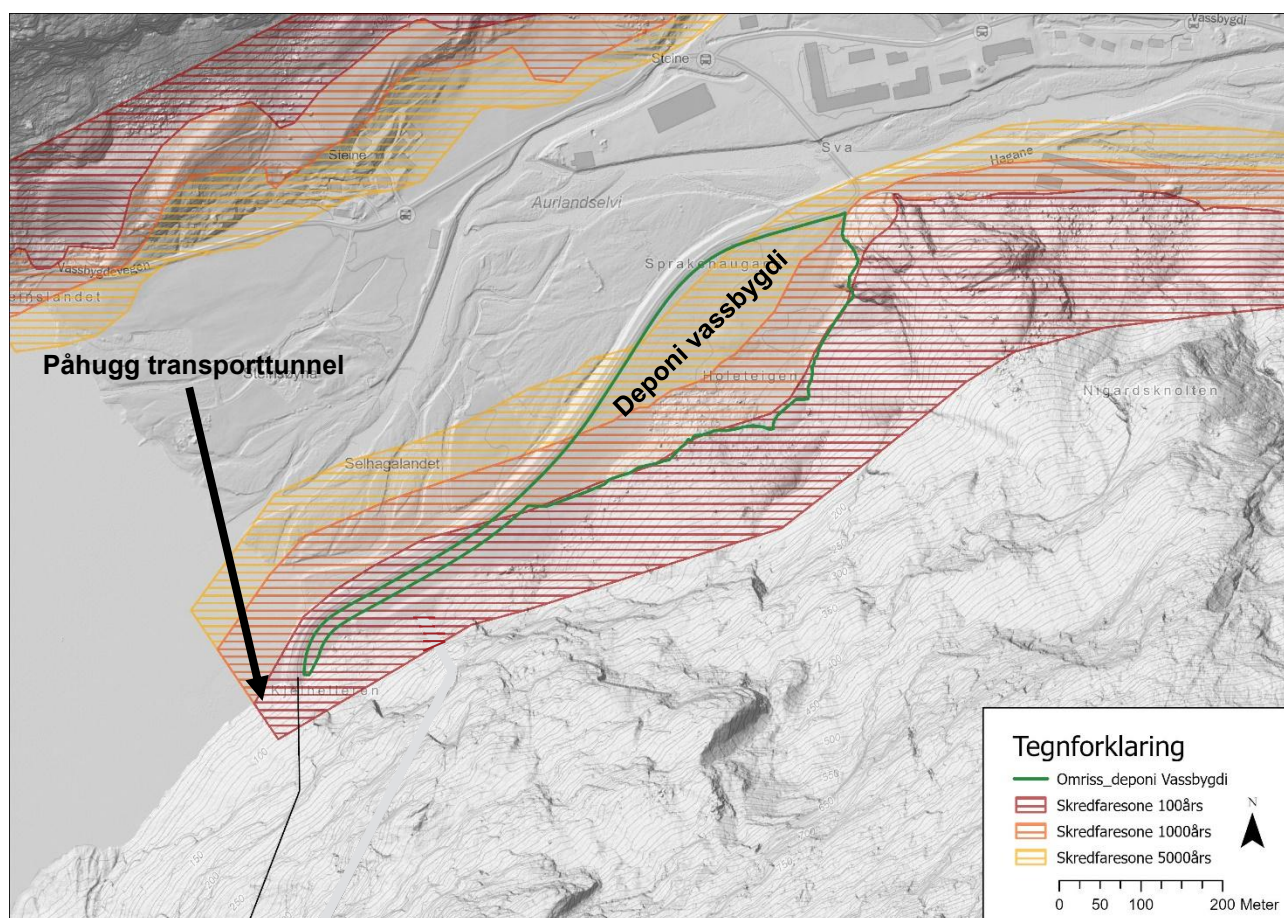
Figur 17 viser lokasjon til kjent ustabilt fjellparti over Viddalsvatnet. Lokaliteten ligger i nasjonal database for ustabile fjellpartier og ble kartlagt i 2007 av NGU. Periodiske bevegelelsesmålinger med D-GPS har blitt utført siden 2007. Norconsult har ikke vurdert dette området nærmere. Det refereres til NGUs database for mer informasjon (NGU, 2024).



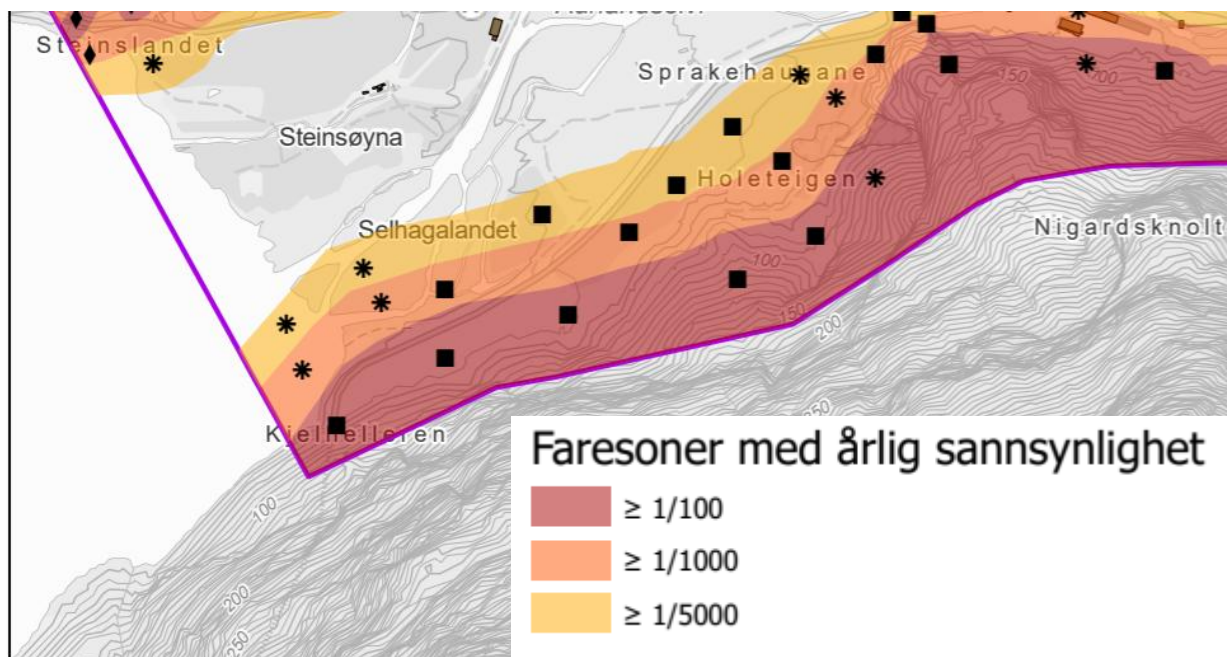
Figur 17: Figur viser ustabilt fjellparti kartlagt av NVE (Gul markering).

2.3 Vassbygdi

Figur 18 viser skisse over planlagte tiltak i Vassbygdi-området. Her er det planlagt deponi og påhugg for ny transporttunnel. Området ligger langs foten av Nonsnipen (1134 moh.) Planlagt deponi og påhugg ligger 60-80 moh. Området er faresonekartlagt av NGI for NVE i 2023 (NGI, 2023). 100 års faresone er tegnet opptil 18 meter nord for Fv 50. Steinsprang er hovedsakelig dimensjonerende skredtype i deponi og påhuggsområdet. Snøskred er dimensjonerende for 1000- og 5000-års faresone i vest og helt øst ved planlagt deponi (Figur 19). Faresonene til NGI er verifisert ved befaring uten at det er avdekket større avvik fra Norconsult sine vurderinger.



Figur 18: Skisse over planlagt deponiområde vist med grønt. Plassering av påhugg for transporttunnel er vist med sort pil. Faresoner skred er vist over skissen.

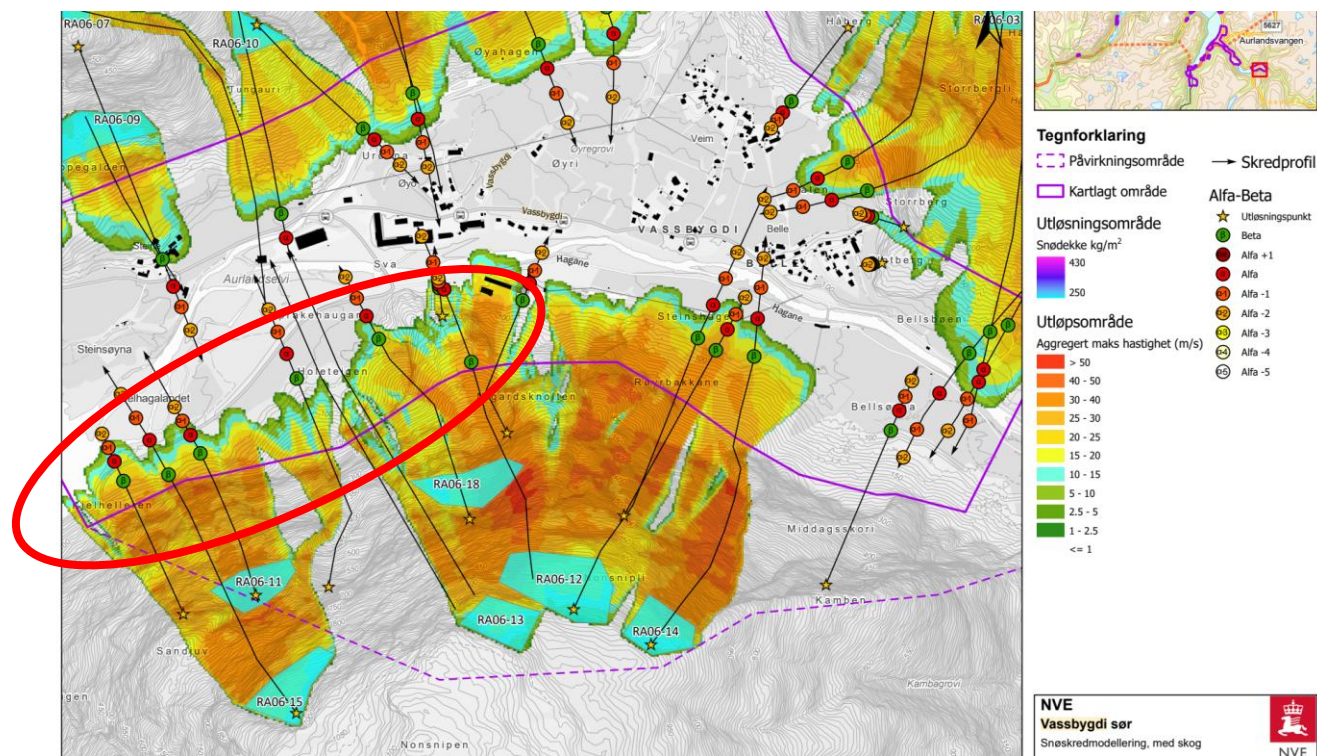


Figur 19: Faresonekart over Vassbygdi, utklipp fra NGIs rapport. Dimensjonerende skredtype er vist med symboler, kvadrat representerer steinsprang og stjerne snøskred (NGI, 2023).

2.3.1

Snøskred

Det er enkelte bratte løsneområder for snøskred i skråningen sør for planlagt deponi og påhuggsområde. Modelleringer i NGIs rapport (Figur 20) viser utløp ned til Fv50. Løsesannsynligheten for større skred er vurdert som lav pga. terrengets bratthet og ruhet. Deponiets østlige del, samt påhuggsområde for transporttunnel, ligger i 1/1000 og 1/5000 faresone, der dimensjonerende skredtype er snøskred. Skal man utføre anleggsarbeid på vinterstid her må det gjennomføres risikovurdering, eksempelvis iht. NS 5815. Overvåkningsregime/skredvarsling tilsvarende det som ble utført ved damrehabilitering i Låvisdalen må vurderes.

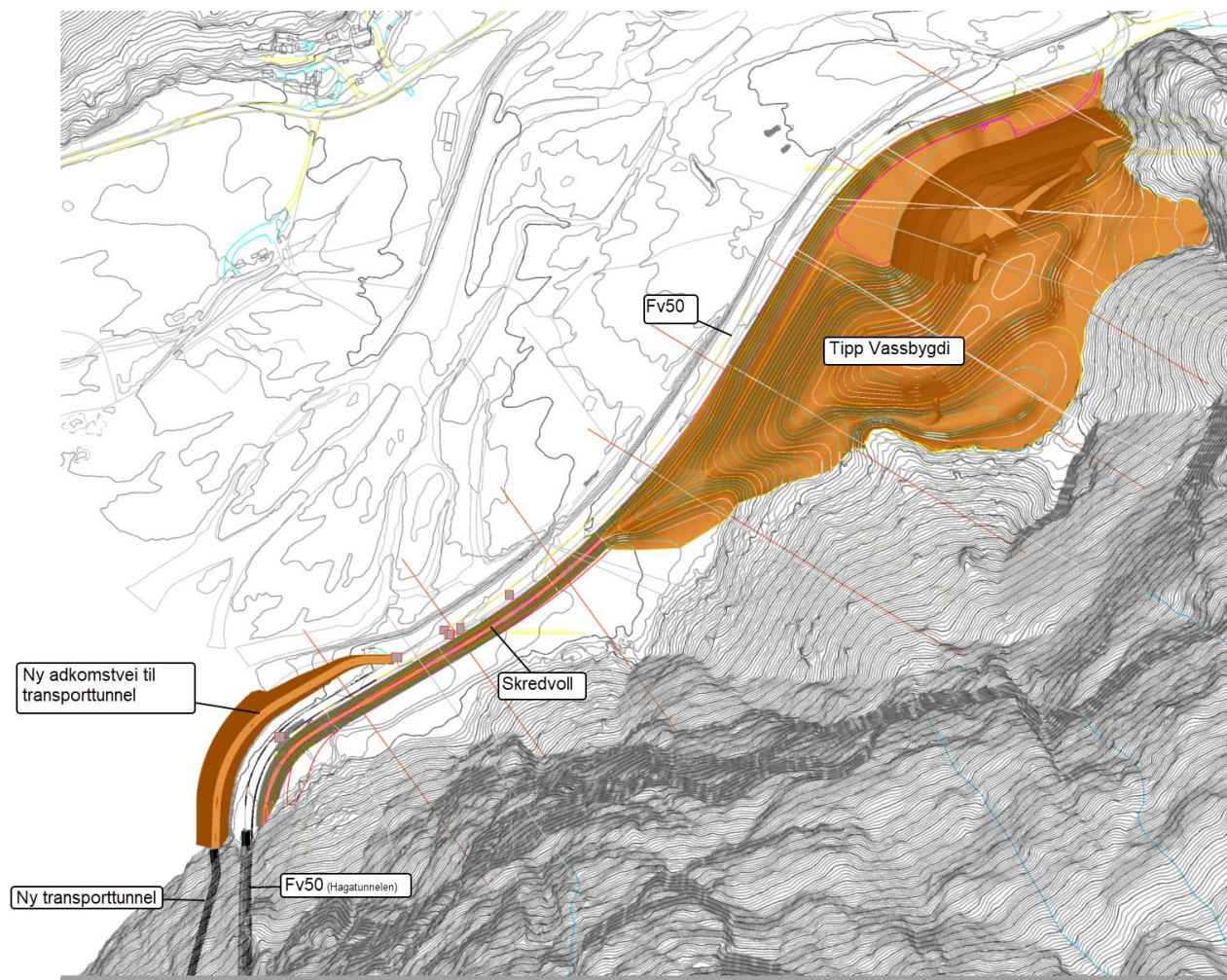


Figur 20: Snøskredmodellering utført av NGI (NGI, 2023). Rød markering viser relevant område.

2.3.2

Steinsprang

Inntrykket fra befaring er at 1/100 faresone fra NGI har en fornuftig avgrensning. Det er kartlagt 10 – 20 nyere blokker i området, noen har også krysset fylkesvegen. Disse ligger på masser som ble deponert ifm. tunneldriving på 70-tallet. Det betyr at alle skredblokker som ligger på deponimassene er nyere enn deponiet. Blokkene er avsatt på flatt underlag, og har ikke rullet noe særlig. På befaring ble første treffpunkt registrert 20 – 100 meter ut fra fjellsiden. Steinsprangaktiviteten er størst i vestlig del av området, men det er også kartlagt ferske utfall i østlig del. Uren er større i østlig del av området, og denne har noe bremsende effekt, noe som kan forklare distribusjonen av nyere skredblokker ut fra dalsidefoten.



Figur 21: Grå firkanter viser registrerte steinsprang på fylkesvegen. Hentet fra NVEs skredhendelsesdatabase, totalt 6 hendelser i tidsrommet 2009 – 2023 langs en strekning på 230 m. Oransje /grått område viser deponi, som i vestre del planlegges utformet som en skredvoll for å beskytte eksisterende fylkesveg.

Mulige løsneområder for steinsprang ned på planlagt deponi er svært store, og dalsiden er over 1000 meter høy. Utfall vil ofte få sprett på bergoverflaten og skytes utover. For en betydelig del av fjellsiden er det ikke skredteknisk mulig å redusere faren for steinsprang da løsneområdet er så omfattende. Steinsprang fra øvre del av fjellsiden vil ofte få sprett på svaflater i nedre del av fjellsiden, noe som medfører lange sprett ut fra skråningsfoten. Slike sprett er det ikke praktisk mulig å sikre seg fullstendig mot. Skredblokkene kommer da ovenfra og en barriere (eksempelvis voll eller fanggjerder) vil ha redusert effekt. Nominell årlig sannsynlighet for steinsprang på deler av det vestlige deponiområdet (område med voll) vist i Figur 21 vurderes som høyere enn 1/10 til 1/50. Hvor høy løsesannsynlighet som vil være akseptabel for de planlagte arbeidene må vurderes nærmere i detaljfasen av prosjektet, men det må tas høyde for at deler av området i vest som ligger innenfor faresone 1/100 ikke har akseptabel sikkerhet. Generelt vil områder nærmest foten av dalsiden ha størst skredsannsynlighet, men som følge av lange sprett vil skredhendelser med relativt lav returperiode kunne nå et godt stykke ut fra skråningsfot. Det må vurderes hvorvidt en ved risikoreduserende tiltak kan oppnå akseptabel sikkerhet for personell innenfor det vestlige området som er planlagt utformet som voll. Et aktuelt tiltak kan være å holde anleggsarbeid utenfor 1/100 faresone ved kraftige nedbørshendelser. Det vil fortsatt være en betydelig restrisiko ved et slikt tiltak da korrelasjonen mellom steinsprang og kraftig nedbør

ikke er så sterk som for eksempelvis jord- og flomskred. En vil likevel redusere risikoen noe ved et slikt administrativt tiltak.

Vestlig del av deponiet er planlagt utformet som en 4 meter høy voll, dette vil bidra til å øke sikkerheten mot skred for Fv50. Det vil være en restrisiko for veien knyttet til utløpene til steinsprang som beskrevet ovenfor.



Figur 22: Bilde av steinsprangblokk ca. 40m meter fra fjellside. I vestlig deponiområde.

Det er foreslått påhuggplassering for transporttunnel i området vist på Figur 24, vest for eksisterende påhugg for fylkesveg-tunnelen. Også her vurderes steinsprangfaren som reell, men som følge av noe lavere dalsidehøyde, noe slakere topografi og hyller/avsatser med dempende vegetasjon er risikoen for sprettblokker mindre langs fot av dalsiden. Det vil også være mulig å etablere fanggjerd for å beskytte tilkomstveg og påhuggsområde under anleggsarbeidene. Behov må vurderes nærmere, men det må påregnes behov for sikringstiltak, eksempelvis i form av fanggjerd. Det kan også bli nødvendig med risikoreduserende tiltak i byggeperioden, eksempelvis i form av restriksjoner for opphold i perioder med værforhold som gir økt skredfare.



Figur 23: Oversiktsbilde av skråningen over planlagt deponi og påhugg. Bildet er tatt mot sør-øst.



Figur 24: Oversiktsbilde av skråningen over planlagt deponi og påhugg. Gult område indikerer område for påhugg for transporttunnel. Her vurderes steinsprangfaren også som reell, men noe lavere og enklere å håndtere enn øst for eksisterende fylkesveg. Bildet er tatt mot sør.



Figur 25: Bilde av skråning rundt eksisterende tunnel. Over tunnel ligger det en stor blokk/berghammer som fungerer som en barriere over dagens påhugg.

2.3.3

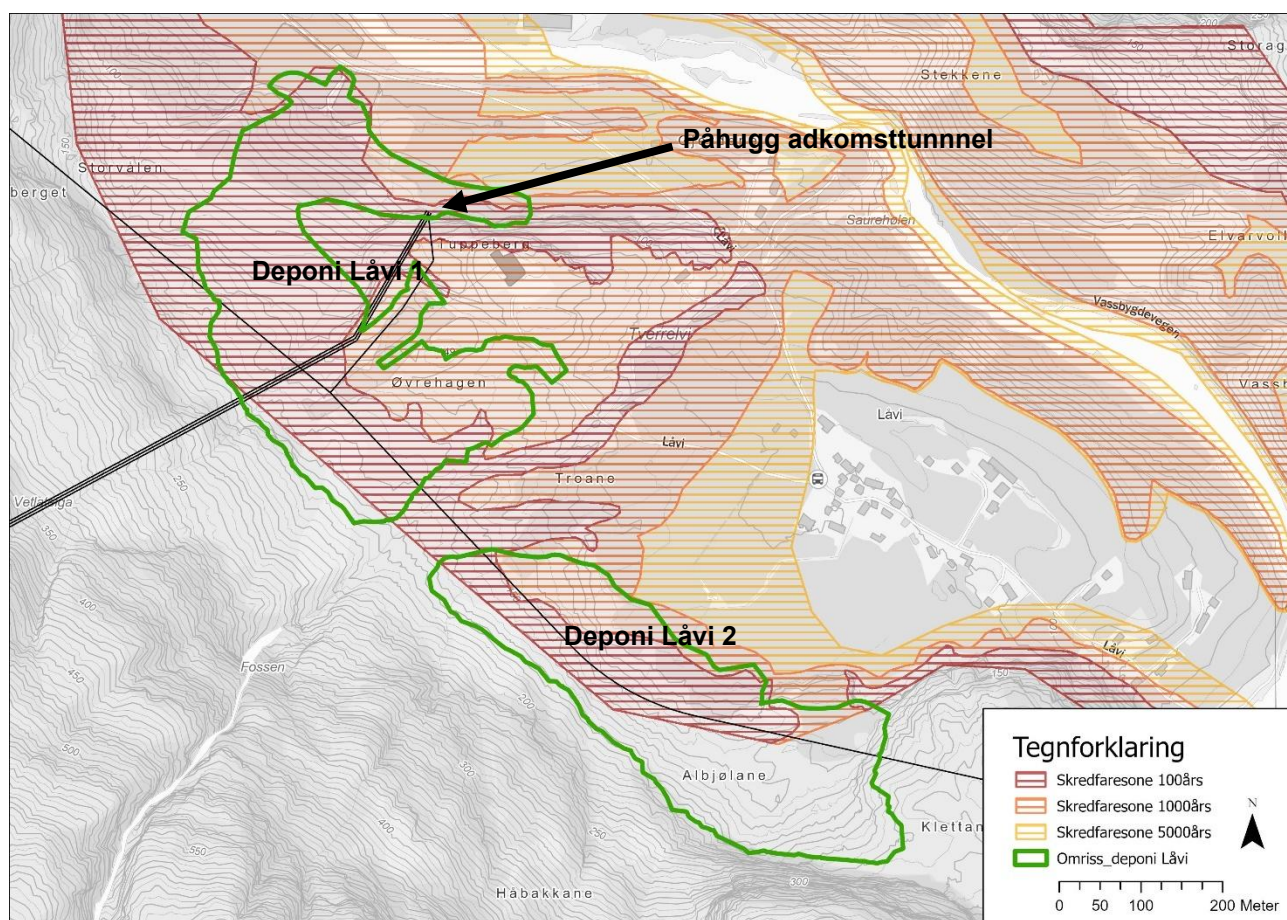
Jord -og flomskred

NGI har vurdert at det er få områder over planlagt deponi og påhugg hvor man finner både løsmasser og terreng brattere enn 20°, samt flomskredløp. Fjellsidene består stort sett av bart fjell med unntak av områdene hvor man har avsetninger fra steinsprang. Disse løsmassene er vanligvis for grove til at man forventer utløsning av jordskred (NGI, 2023). Norconsult har ikke observert forhold som tilsier at jord -og flomskred er en aktuell skredtype i området over planlagt deponi og påhugg.

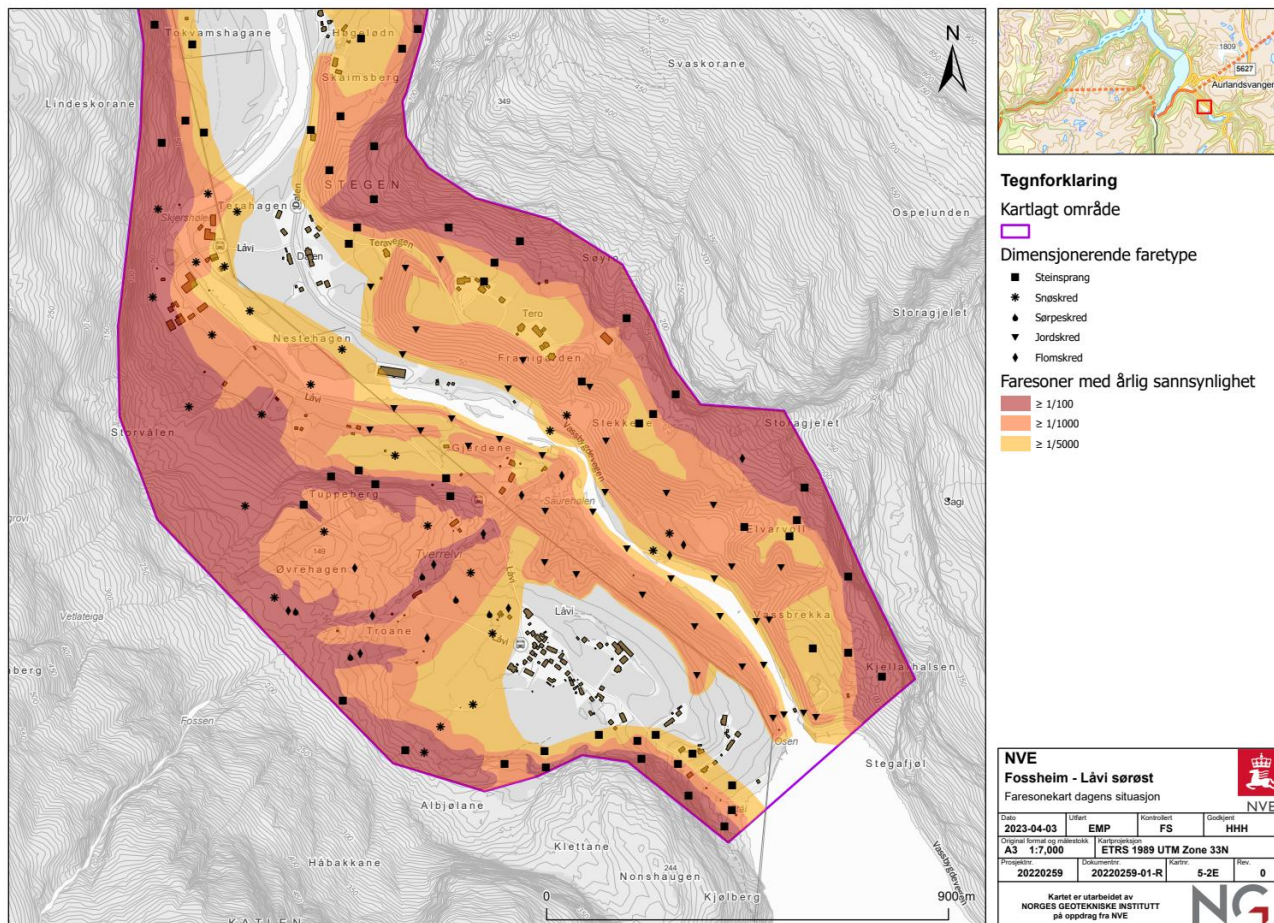
På generelt grunnlag anbefales det å vise hensyn til NVEs skredvarsel for flom og jordskredvarsling ifm. anleggsarbeid i området.

2.4 Låvi 1 og Låvi 2. Påhugg adkomsttunnel.

Figur 26 viser planlagte deponiområder Låvi 1 og Låvi 2, samt påhuggsplassering for ny adkomsttunnel. Deponi 1 ligger dels over eksisterende deponiområde. Deponi 2 ligger øst for Tverrelvi. Området er faresonekartlagt av NGI (NGI, 2023). Deponi 1 ligger innenfor faresone 1/100 med snøskred som dimensjonerende skredtype. Påhugg for adkomsttunnel ligger i skrefaresone 1/100 for steinsprang. Deponi 2 ligger innenfor faresone 1/100 og 1/1000. Her varierer dimensjonerende skredtype mellom steinsprang, snøskred, sørpeskred og flomskred. Området helt i øst er dekket av faresoner for steinsprang. Faresonene er verifisert på befaring uten at det er avdekket større avvik fra Norconsult sin vurdering.



Figur 26: Skisse over planlagt deponiområde og påhugg. NGIs faresoner er vist under (NGI, 2023).



2.4.1 Figur 27: Faresonekart hentet fra NGIs skredfarevurdering (NGI, 2023). Ulike dimensjonerende skredtyper er vist med symboler.

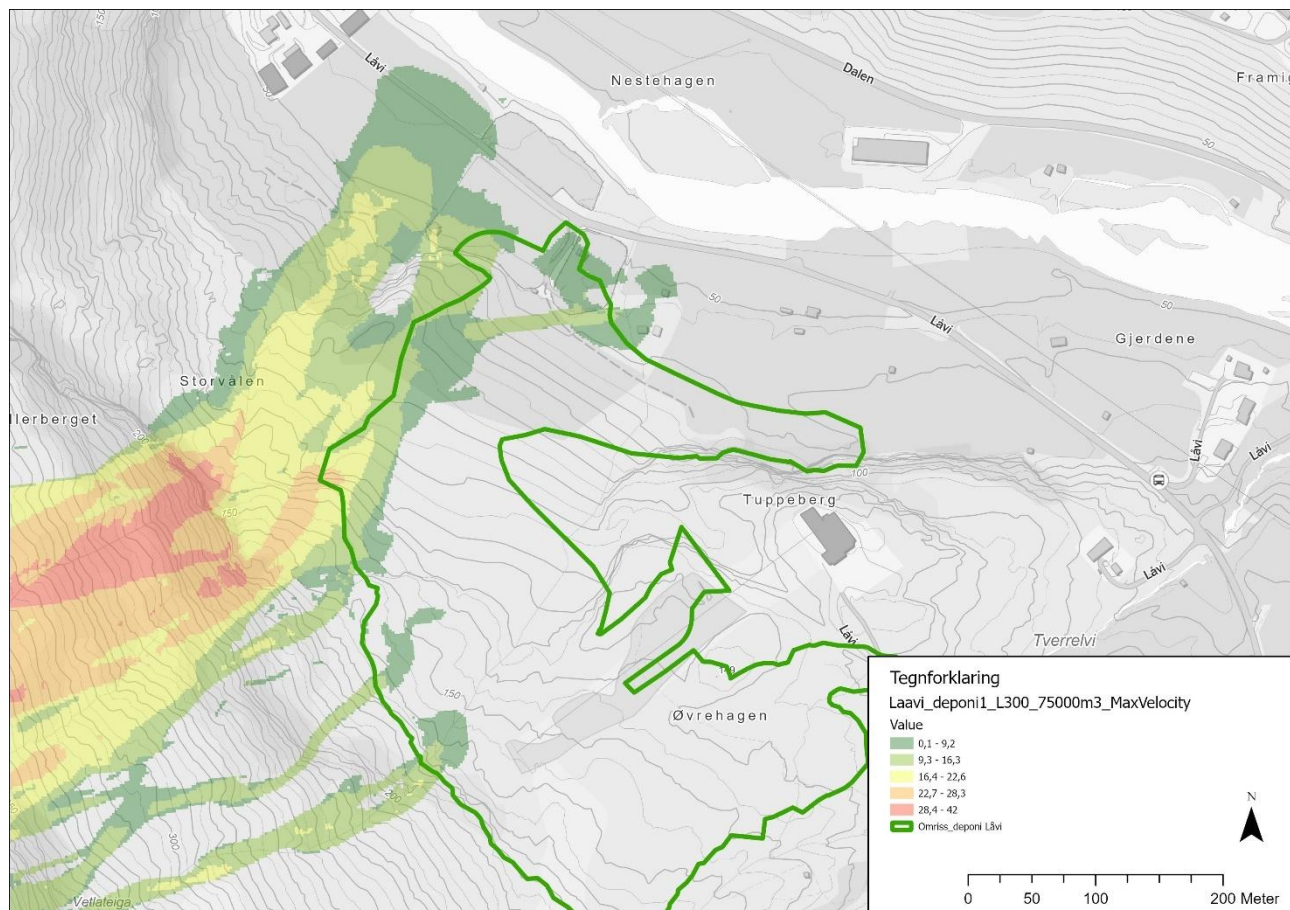
Snøskred

Løsneområdene i den vestlige fjellsiden ligger alle i le for nedbørsførende vindretning vinterstid i området, dette gjør at det akkumuleres mye snø i løsneområdene, som er store og uavbrutte. Det er i tillegg store fjellområder mot sørvest hvor snø kan transporteres fra og inn i påvirkningsområdet. Det er flere kjente snøskredhendelser i området vest for påhugg, i området rundt Låvi utløses det store snøskred som går helt ned i dalbunnen ca. hvert 50. år (NGI, 2023). I østlig del ved deponi 2 er det ingen registrerte snøskredhendelser, løsneområdene her er mindre og løsnesannsynligheten er lavere.

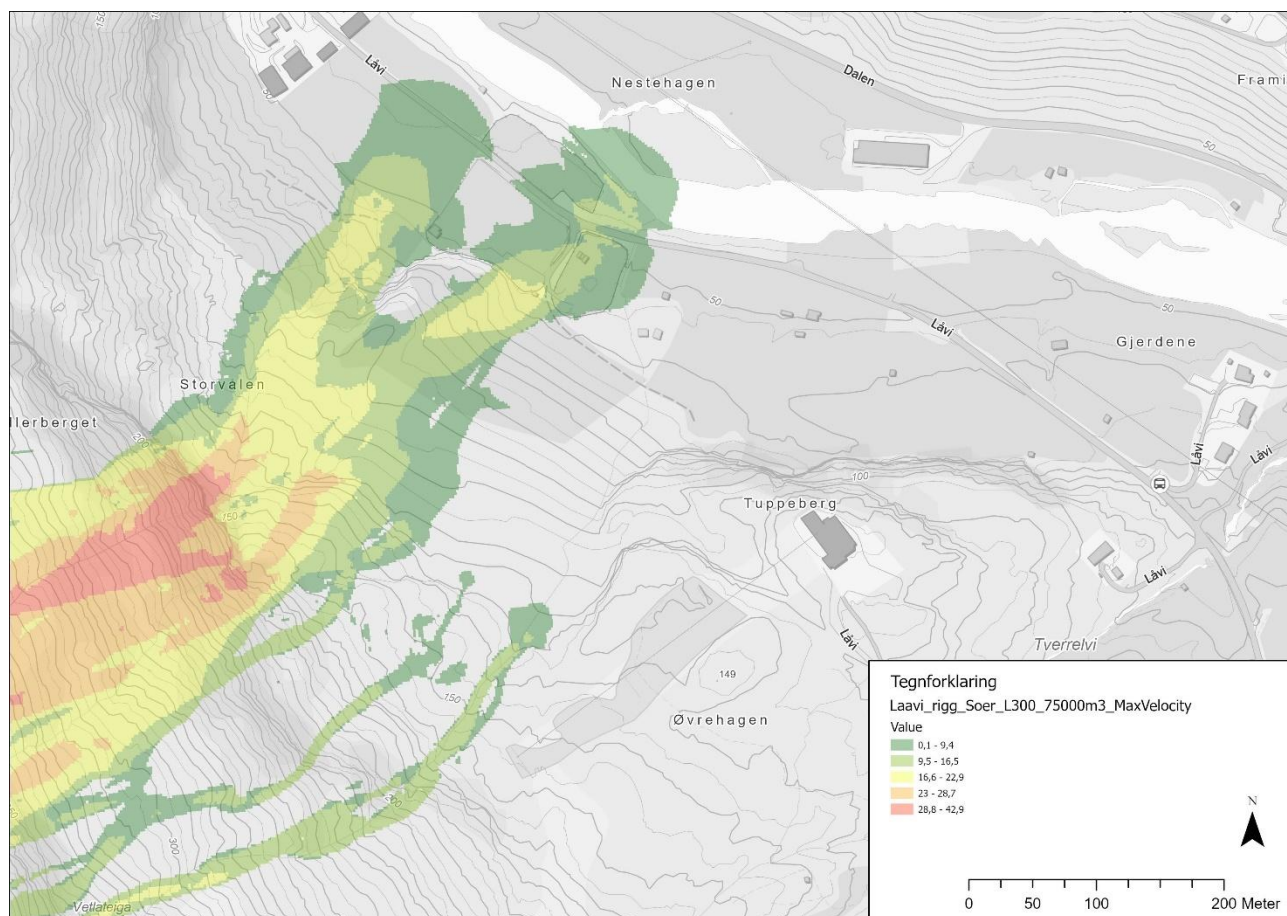
Skal det utføres anleggsarbeid på vinteren ved deponi 1 og 2 anbefales det et skredvarslingsregime som løpende vurderer risiko for hendelser av størrelse som kan nå ned til anleggsområdet.

Det er utført supplerende modelleringer i RAMMS Avalanche for å undersøke hvordan deponiutformingen endrer på snøskredutløp ved Låvi 1. Modelleringsresultater med og uten deponi viser at deponiet reduserer det østligste skredløpet og leder det vestover. Avhengig av bruken, riggområder og permanent situasjon bør en tilpasse deponiet for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet for relevant bruk. Dette kan gjøre ved å for eksempel etablere en ledevoll på deponimassene.

Det er modellert et løснеområde som skal representere snøskredhendelse fra 1776 med et skredvolum på 75000 m³ og bruddkanthøyde på 1,2m. Ramms standardparametere er benyttet, uten skog. Det bemerkes at det er begrenset med informasjon om tidligere snøskredhendelser, men en kan anta at hendelsen i 1776 hadde noe lengre utløp enn modellert hendelse, basert på spor i terrenget på nordsiden av elva. Merk at terrenget var uten deponi i 1776.



Figur 28: Modelleringsresultater gjeldende utforming av planlagt deponi over dagens terreng. Farge indikerer maks hastighet på skredmassene (i m/s).



Figur 29: Modelleringsresultater med dagens terreng uten planlagt deponi. Farge indikerer maks hastighet på skredmassene (i m/s).

2.4.2

Steinsprang

Det er mange mulige løsnemråder for steinsprang i skråningen sør for planlagt deponiområde. På befaring er noen gamle utfall registrert, det ble avdekket et fåtall nyere hendelser i nedre del av dagens ur ved deponi 2. Ved deponi 1 ble det observert steinsprangblokker av nyere dato i øvre del, samt flere eldre blokker. Terrenget i utløpsområdet er relativt slakt; mektige løsmasser og skog bidrar også til å begrense utløpslengden. Steinsprangfaren vurderes som begrenset, men større skredblokker har potensiale til å nå helt ned skråningen og inn i fremtidig deponiområde. Sannsynligheten for steinsprang er større for deponi 2 enn for deponi 1. Faresonene som er vist i NGIs faresonekartlegging anses som fornuftige. Det vurderes som gjennomførbart å etablere deponier som tiltenkt ut fra steinsprangrisiko. Steinsprangfaren må likevel hensyntas i utforming og opparbeiding av deponi. Ved å etablere deponikant med overhøyde mot fjellsiden, og hele tiden arbeide med en «fanggrøft» mot fjellsiden vil en redusere risiko for at eventuelle steinsprang treffer personell. Steinsprangfaren øker mot øst, og i østre ende av deponi 2 må det vurderes nærmere hvorvidt en kan etablere deponiet tett inntil berghammeren vist i figur Figur 26, eller om det må settes av en sikkerhetssone med tanke på risiko i anleggsfasen. Skissert deponiutforming har lagt til grunn en sikkerhetsavstand på 20 meter fra fjellsiden

Det er også vist faresone for steinsprang ved planlagt påhugg for adkomsttunnel som ligger i samme bergskrent som eksisterende påhugg (Figur 30). NGIs faresone vurderes som noe konservativ i dette området da det kun er den lokale klippen med høyder inntil ca. 50 meter som utgjør løsneområde for steinsprang og eventuelle utfall vil bremses på den flate overflaten ved fot av skrent. Dette vil gi begrenset utløpslengde ut fra skråningsfoten. Berget er relativt kompetent, men det avløses berg fra et tilnærmet vertikalt sprekkesett som gjør at mindre bergvolum skaller av. Med tanke på skredfare vurderes det som akseptabelt å etablere påhugg i skråningen, men det må påregnes bergsikring i form av rensk og boltesikring av skråningen i overkant av påhugg.



Figur 30: Dagens påhugg.



2.4.3 *Figur 31: Fjellside over østre ende av deponi 2. Steinsprangfare fra klippen opp til Lauvberg. Her må deponimassene legges på en forsvarlig måte for å danne overhøyde og en barriere mot steinsprang. Behov for sikkerhetssone mellom deponi og fjellside må detaljvurderes, skissert deponiutforming er lagt med en sikkerhetsavstand på 20 meter fra fjellsiden.*

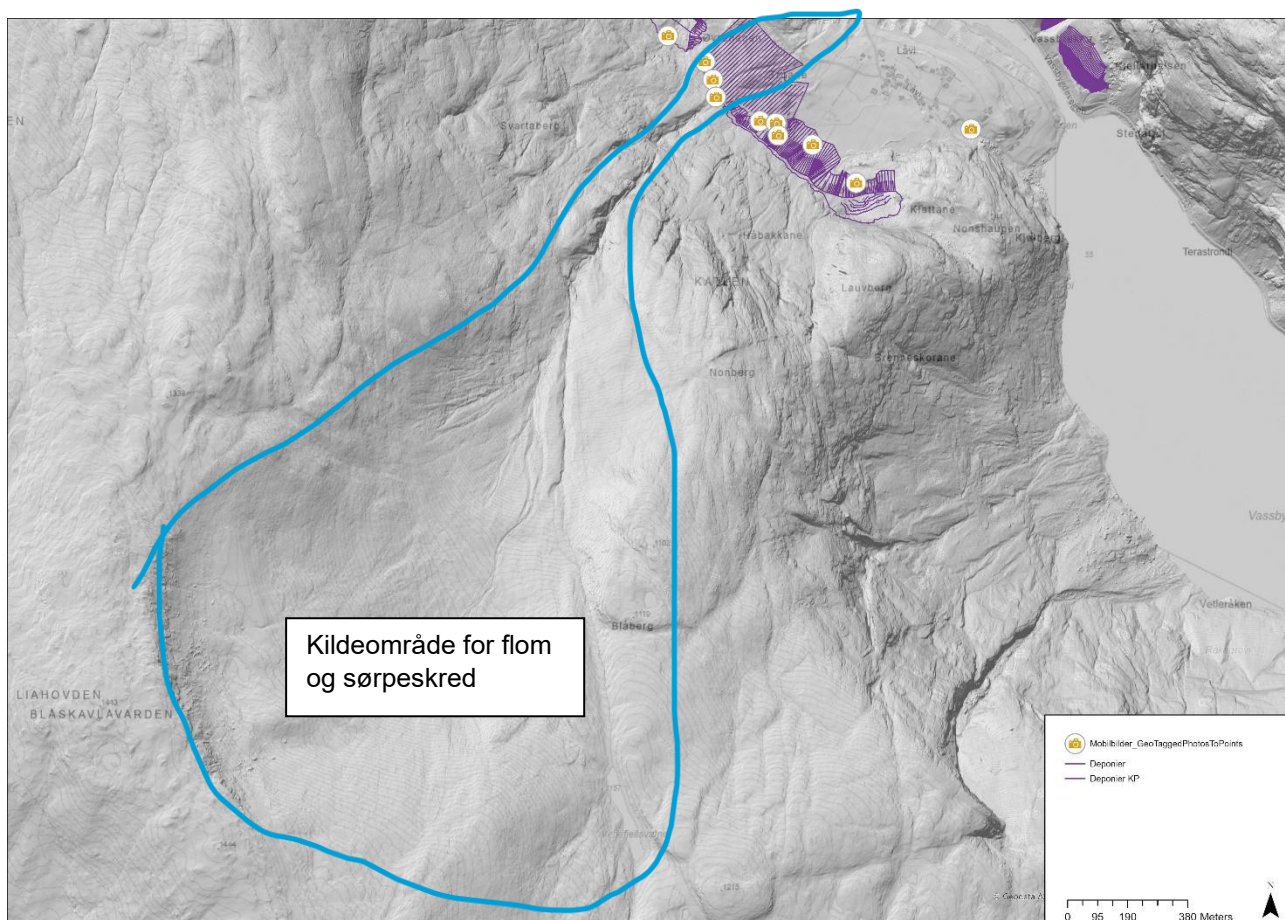
Jordskred, flomskred og sørpeskred

Det er flere historiske flomskredhendelser og sørpeskred ned mot deponiområdet og helt til dalbunnen. Området er vist på faresonekartet (Figur 27) og under på Figur 33. Det største skredløpet følger Tverrelvi som kommer ned i dalen mellom deponi Låvi 1 og Låvi 2. Videre østover ved deponi Låvi 2 er det spor av mindre flomskredhendelser i skyggemodell, se Figur 34. Revidert deponiutforming ligger i all hovedsak utenfor skredløpet ved Tverrelvi

Det anbefales å vise hensyn til NVEs skredvarsel for jord, flom og sørpeskred ifm. anleggsarbeid i området, spesielt ved Tverrelvi og tilkomstvegen som krysser kjent skredløp. I byggeperioden må det påregnes restriksjoner og stans i arbeidene i perioder med stor jord- og flomskredfare.

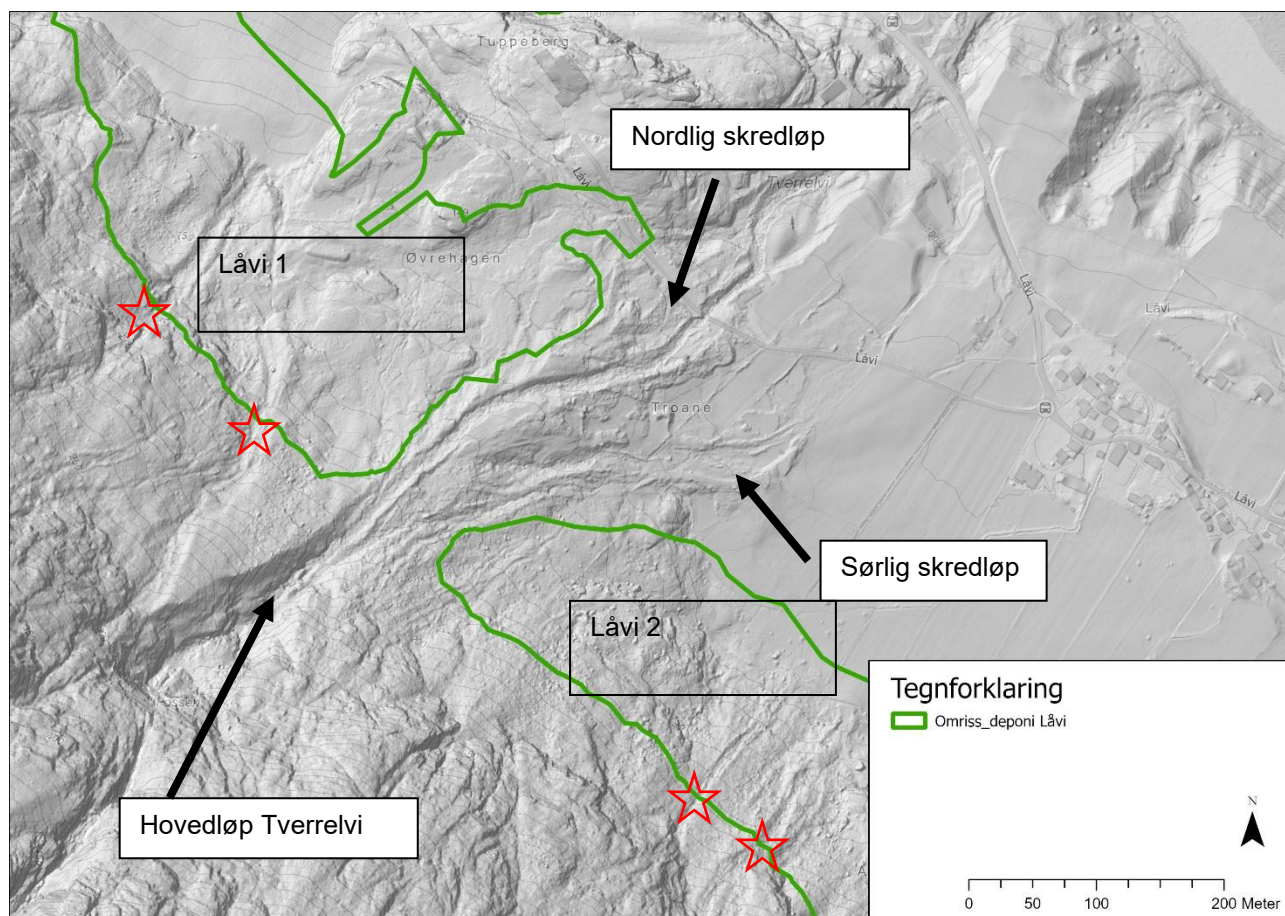


Figur 32: Skredløp nord for Tverrelvi.



Figur 33: Skisse som viser kildeområde for flom- og sørpeskred ved Tverrelvi. Underlaget er et skyggerelieffkart. Lilla skravur viser deponiareal som ikke lengre er gjeldene.

Deponiutforminger er revidert høsten 2025 og hovedløpet langs Tverrelvi er nå åpent uten planlagt deponering av masser. Utforming er vist under på Figur 34.



Figur 34: Deponiutforming ved Tverrelvas utløp. Rød stjerne indikerer områder med mindre bekkenedskjæringer der en kan forvente mindre flomskred.

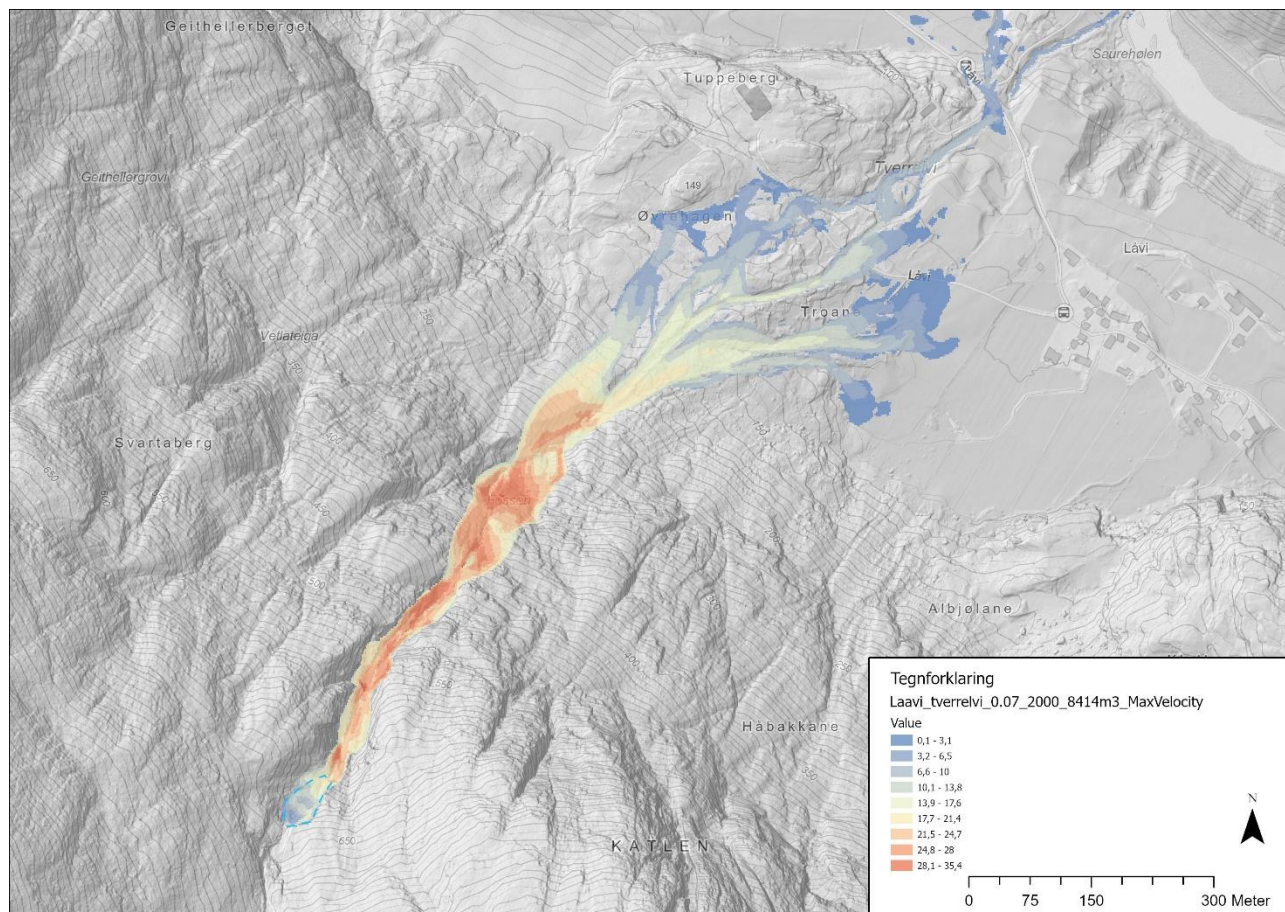
Tverrelvi kan samle flere typer skred, det kan gå snøskred, flomskred og sørpeskred i løpet, ofte i kombinasjon. Det er registrert en skredhendelse 26.7.1752 der jord og steinmasser blokkerte hovedløpet og fungerte som en propp/dam. Når denne proppen bristet kom det en bølge av løsmasser, vegetasjon og stein. Dette førte til store materielle skader på LåvitUNET. Det er registrert flere skred i Tverrelvi (1739, 1805 og 1893), men det er uvisst om dette også skyldes propp i skredløpet. Det gir et gjentakintervall på 39 år i denne perioden. Hvis en bruker en måleperiode frem til 2025 blir gjentakintervallet 72 år. Det betyr at det er ca. 50% sannsynlighet for at et skred med skadepotensiale inntreffer i løpet av en 50-årsperiode.

For å undersøke utløp av skred og hvordan planlagte deponier påvirker skred er det utført supplerende modelleringer i RAMMS Debris Flow av sørpeskred og flomskred i Tverrelvi. Det er modellert både med dagens terreng og med terrenget etter etablert deponi for sørpeskred (Figur 35 og Figur 36). Flomskred er modellert med skissert deponi (Figur 37). Her viser modelleringresultatene at østsiden av Låvi 1 deponiet fungerer som en barriere og leder skredmassene tilbake i Tverrelvi. En liten del av deponi Låvi 1 kan bli påvirket av sjeldne skredhendelser. Låvi 2 deponiet har ingen konflikt med skredmassene i modelleringene, bortsett fra adkomstvegen, som går over det østligste skredløpet. Deponiene påvirker i liten grad skredutbredelsen videre nedstrøms.

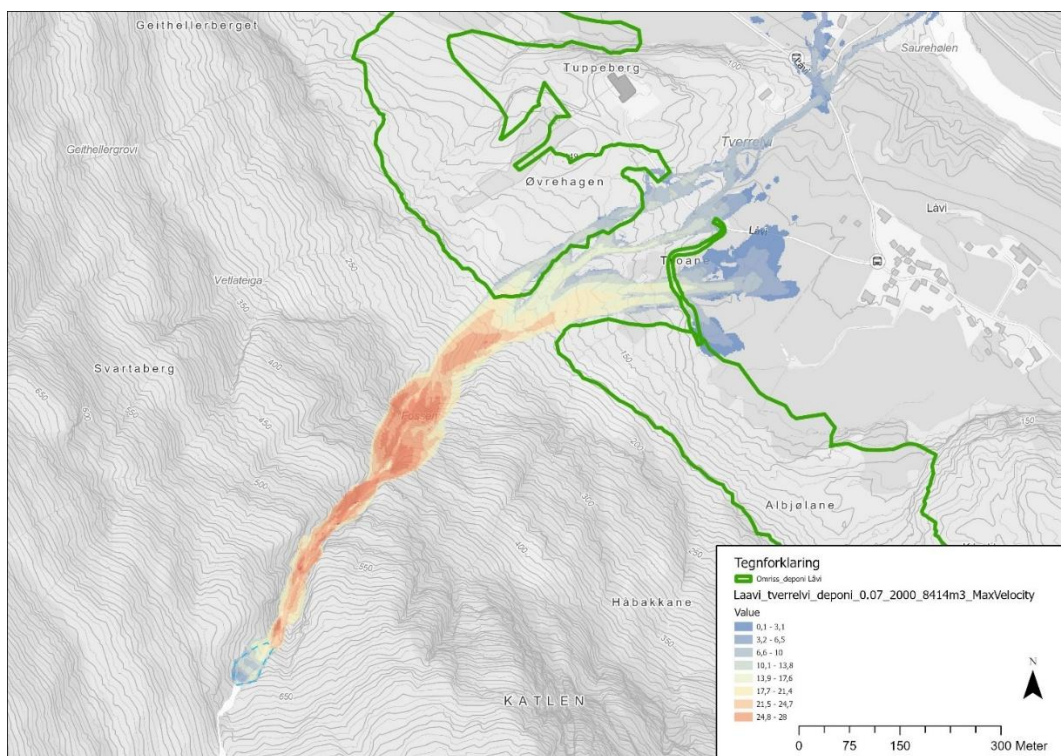
Modelleringen inneholder flere usikkerheter. Friksjonen mot underlaget (μ) og viskositet (ξ), samt volum og erosjonspotensiale er avhengig av hvilke typer skred og dynamikk som oppstår, det er tatt utgangspunkt i et vannrikt skred som følge av brudd på propp i Tverrelvi.

Tabell 2-1: Inputparametere RAMMS Debris Flow

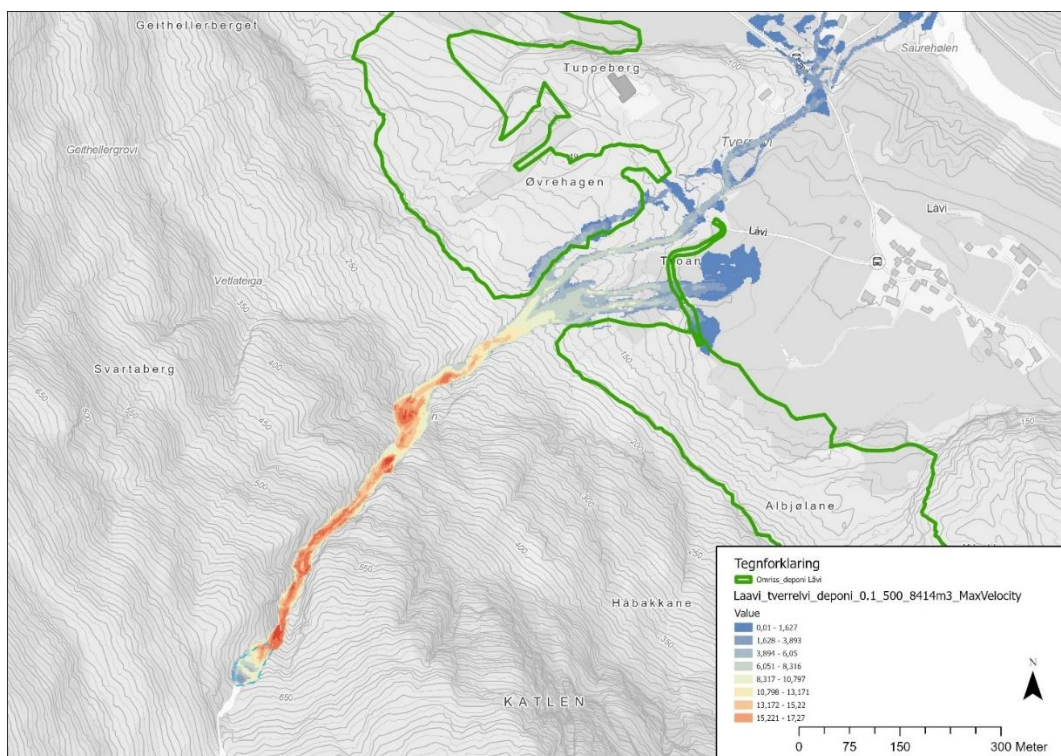
Løseområder	Scenario	Volum	μ	ξ	Erosjon	Beskrivelse av terrenget
Losne Tverrelvi	Sørpeskred	8414	0,07	2000	Nei	Tverrelvi, bratt gjel med stort samleområde oppstrøms.
Losne Tverrelvi	Flomskred	8414	0,1	500	Nei	Tverrelvi, bratt gjel med stort samleområde oppstrøms.



Figur 35: Sørpeskredmodellering uten deponi.



Figur 36: Sørpeskredmodellering med deponi.



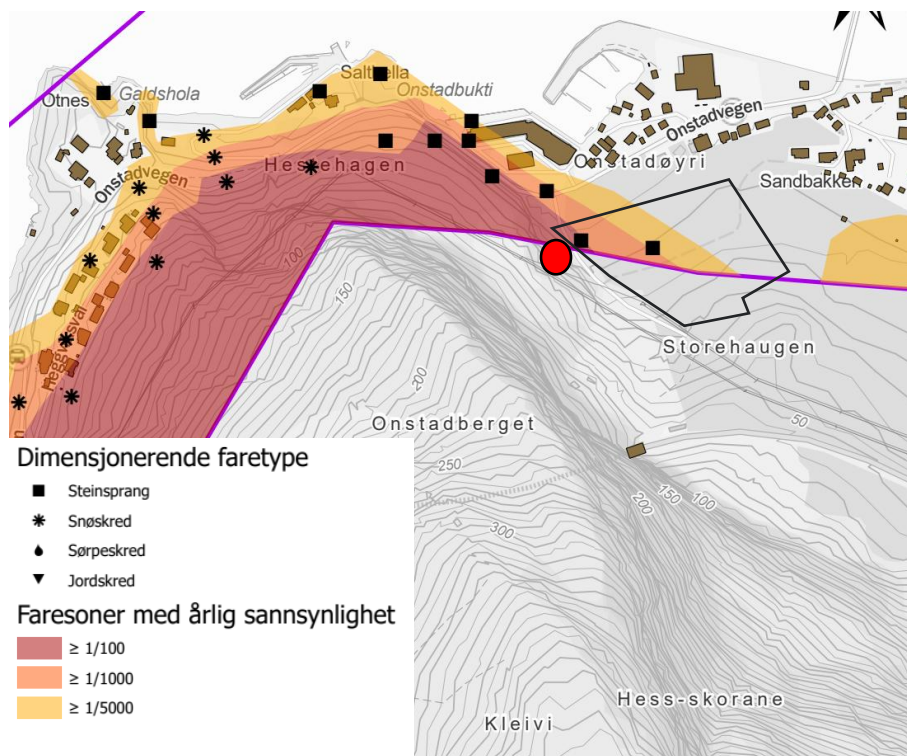
Figur 37: Flomskredmodellering med deponi.

Tilpasning av deponi Låvi 1 og Låvi 2:

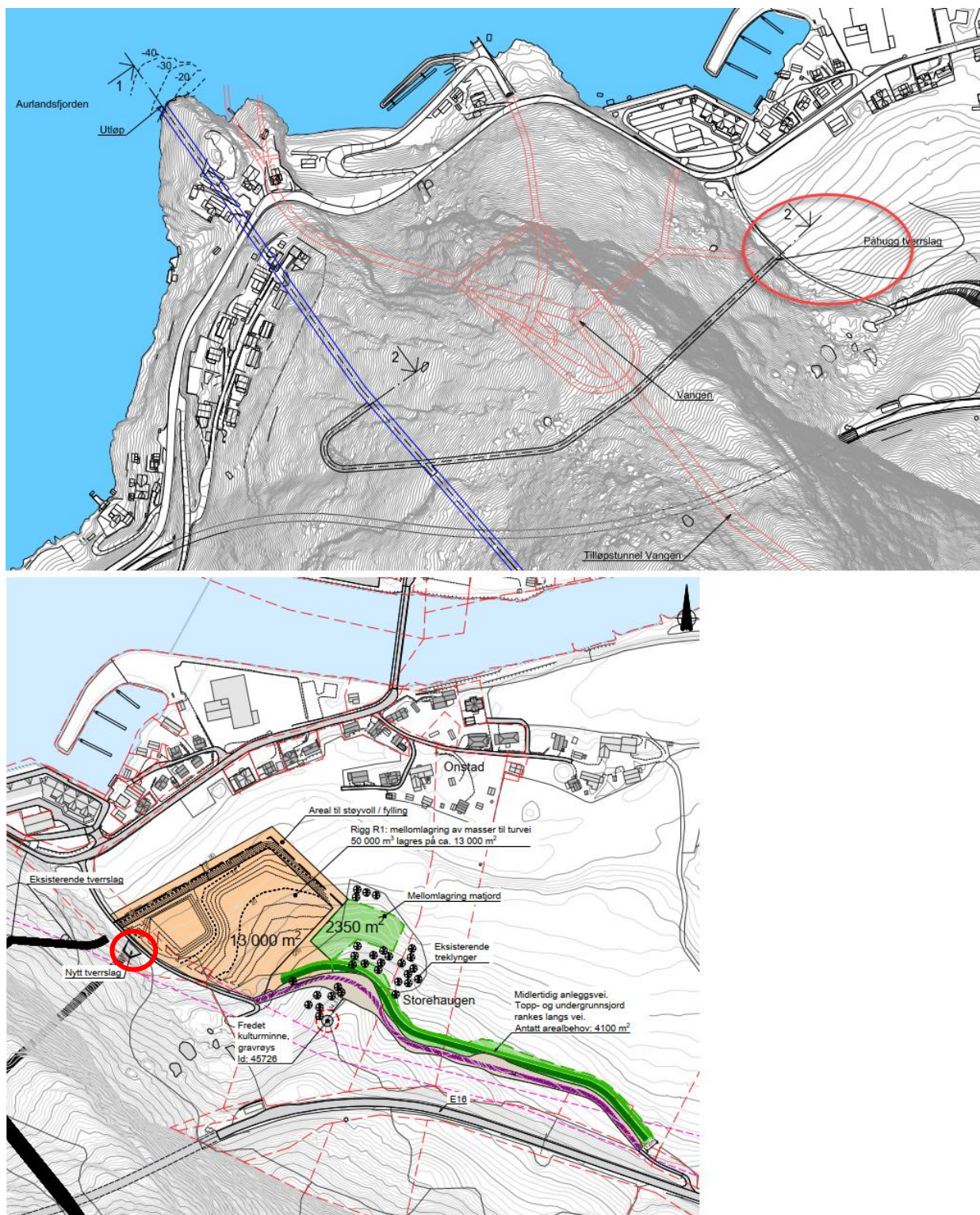
Det er relativt store laster fra skred og en må vurdere erosjonssikring opp mot justering av deponikant i detaljprosjekteringsfasen. Fra sørpeskredmodellering, som er den mest konservative modelleringen er det hentet ut noen dimensjoneringsstall. Maks last fra skredmassene utgjør ca. 321 kPa (måling direkte fra ramms, normalt på barriere), med en hastighet på ca. 20 m/s. Tettheten er satt til 900kg/m³. Erfaringsmessig er verdiene fra RAMMS noe høye. En må også kompensere for vinkel på deponi og avbøyningsvinkel. Bruker en klassisk formel for beregning av dynamisk trykk blir dynamisk trykk ca, 180 kPa normalt på flaten, med 45 grader avbøyningsvinkel blir normaltrykket redusert til ca. 90 kPa og friksjonslasten ca. 36 kPa. I en skredhendelse vil det også kunne oppstå punktlaster fra for eksempel skredblokker i skredmassene som treffer deponiet, det anbefales derfor at deponiet i aktuelt område dimensjoneres for skredlaster på 150 kPa (kN/m²).

2.5 Tverrslag og rigg ved Onstad

Ved Onstad skal det etableres påhugg for tverrslag til utløpet, samt et riggområde i dagen (se Figur 39). Påhugg ligger ved foten av en bergskrent med høyde inntil ca. 200 m. Det er ikke gjort skredkartlegging på stedet, men ut fra flyfoto virker det å være dels betydelige uravsetninger i skråningen over påhugget. Påhugget ligger på grensen til kartleggingsområdet til NVE vist i Figur 38. Det antas at plasseringen vil være innenfor faresone S1 ($p > 1/100$). Deler av riggområdet nærmest fjellsiden kan ikke benyttes til brakkerigger med varig opphold uten at det eventuelt gjennomføres sikringstiltak. Steinsprang er dimensjonerende skredtype. Skredfare, og eventuelle behov for sikringstiltak i skrent over påhugg må vurderes ved detaljplanlegging. Det må også undersøkes hvorvidt urmasser ovenfor påhuggsområdet må håndteres/sikres i anleggsfasen.



Figur 38: Faresonekart for Onstad, plassering av påhugg vist med rød sirkel. Svært grovt omriss av riggområdet vist med grå strek. Dimensjonerende skredtype ved påhugg steinsprang. Faresonene er ikke verifisert i felt.



Figur 39: Skisse av planlagt utløp ved Onstad. Påhugg for tverrslag er ringet inn med rødt på nedre figur.

3 Generelt om utforming av deponi i skredområder

Når man planlegger og etablerer deponiområder i skredutsatte områder, er det viktig å ta hensyn til skredfare og sikre at anleggsarbeid ikke utgjør en risiko for skade på utførende personell, miljøet eller eksisterende infrastruktur. Tilpasning av deponiområder kan inkludere følgende tiltak:

1. Overhøyde

Overhøyde innebærer at man plasserer deponiområdet på et nivå som er høyere enn omkringliggende terreng, noe som kan bidra til å redusere risikoen for at avfall eller masser blir påvirket av skred. Dette gjøres ved å:

- Plassere deponiene på naturlig høyereliggende terreng for å unngå direkte påvirkning fra flom eller steinsprang.
- Bygge opp deponiet med hensikt å oppnå en overhøyde som kan beskytte mot eventuelle snø- eller steinskred som kan komme fra nærliggende fjellsider.
- Sikre stabilitet i deponiet for å hindre at det selv blir en kilde til skred ved erosjon eller overbelastning.

2. Avstand til skredområder

Avstand til potensielle skredområder er en viktig sikkerhetsfaktor når man velger plassering for deponier. Dette innebærer at man vurderer følgende:

- **Sikkerhetsmargin:** Etablere en tilstrekkelig sikkerhetsavstand mellom deponiet og skredområder. Denne avstanden kan variere avhengig av skredtype og forventet skredvolum, men den bør være tilstrekkelig til å sikre at et eventuelt skred ikke når deponiet.
- **Barrierer og terrengtilpasning:** Dersom det er nødvendig, kan det være aktuelt å bygge fysiske barrierer, som voller eller fangdammer, for å beskytte deponiet mot skred. Terrengtet kan også tilpasses ved å justere hellingen for å avlede skredmasser bort fra deponiområdet.

3. Sikkerhet for personell under bygging

Ved arbeid i skredutsatte områder må det for anleggsfasen utføres risikovurderinger for å avklare at arbeidene kan gjennomføres med akseptabel sikkerhet mot skred. Videre vil en kunne gjennomføre ulike risikoreduserende tiltak. Eksempel på dette er:

- **Sikkerhetsmargin:** Etablere deponi i god avstand til fjellsider der mulig (som nevnt under punkt 2).
- **Barrierer og terrengtilpasning** som nevnt under punkt 2. Det å bygge fysiske barrierer (eksempelvis voll eller fanggjerdar) i skredutsatte områder kan i seg selv medføre en risiko i form av økt oppholdstid under bygging, og må derfor vurderes i hvert tilfelle. Der det foregår maskinelt arbeid kan en vurdere mulighet for å forsterke kjøretøy for å motstå skredlast (eksempelvis forsterke førerhus med stålgritter).
- **Overhøyde mot fjellside.** Ved oppfylling av deponi vil en kunne etablere en bratt skråning mot fjellsiden som vil fungere som en fangvoll og redusere utløpslengden for eventuelle skred. Ved å planlegge deponering av masser på en måte som gjør at en i så stor grad som mulig alltid har en deponikant/skråning mot fjellsiden som kan fungere som en fangvoll så vil en redusere risiko for personell.

- **Restriksjoner i oppholdstid:** Generelt bør en minimere oppholdstiden i skredutsatt terreng, og legge infrastruktur/riggområder på områder med lav skredfare.
- **Administrative tiltak:** Det finnes også administrative tiltak som på et generelt nivå kan redusere risiko. Eksempel kan være; Etablering/styrkning av beredskap, beskrive utførelse på en bestemt måte, opplæring, organisering av arbeidet, god planlegging etc.
- **Stanse arbeid i perioder med økt skredfare.** Flere skredtyper har hyppighet som er avhengig av vær- og klimaforhold. Både snøskred, sørpeskred, jordskred/flomskred og delvis steinsprang øker i frekvens ved gitte værforhold. Det kan etableres egne varslingsystemer eller en kan følge skredvarsler utarbeidet av eksempelvis NVE, og basert på definerte kriterier stanse arbeidet i perioder med økt skredfare. Dette vil være nødvendig ved de fleste omtalte arbeidsområdene i denne rapporten.

Ved å kombinere overhøyde og avstand, samt gjennomføre en grundig farevurdering, kan deponier i skredutsatte områder designes på en sikker måte. Dette sikrer at deponiområdene blir mindre utsatt for påvirkning fra naturlige farer som kan føre til uønskede konsekvenser for både drift (eksempelvis ved senere uttak av deponerte masser) og miljø.

Dette må inkluderes i den videre prosjekteringen for Låvi kraftverk som en del av de tekniske løsningene for å minimere risiko.

4 Referanser

Direktoratet for byggkvalitet,. (u.d.). *Veiledning om tekniske krav til byggverk., TEK 17*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>

GEORISIKO AS. (2020). *Del A: Detaljert skredfarevurdering for damanlegg Viddalen Del B: Mulige sikringstiltak mot skred*.

NGI. (2023). *Ekstern rapport 13/2023 - Faresoneutredning skred i bratt terreng – Aurland kommune*.

NGU. (2024). *Nasjonal database for ustabile fjellpartier*. Hentet fra https://geo.ngu.no/kart/ustabilefjellparti_mobil/

NVE. (2023). *Konsesjonssøknad nettanlegg*. Hentet fra <https://veiledere.nve.no/konsesjonssoknad-nettanlegg/soknad-om-anleggskonsesjon>

NVE. (2023). *Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak. Versjonsdato 12.11.2020*. Hentet fra <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/>

Statens Vegvesen. (2024). *N200 Vegbygging*. Hentet fra <https://viewers.vegnrm.vegvesen.no/product/859942/nb>