

Oppdragsgiver	Navn Ål kommune	Kontaktperson Svein Furuhaug
Oppdrag	Nummer og navn 24519 Ål, Sehl – Befaring bekker	Oppdragsleder Ingrid Alne
Dokument	Nummer 24519-01-1 Utført av Ingrid Alne, Sondre Lunde, Carsten Hauser (Romerike Geoteknikk)	Dato 2025-02-25 Kontrollert av Lars Staver Eid, Kalle Kronholm

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	25.02.2025	IA, SL, CH	LSE, KK	Original

Vurdering av flom- og skredtiltak i bekk ved Sel

1 Bakgrunn

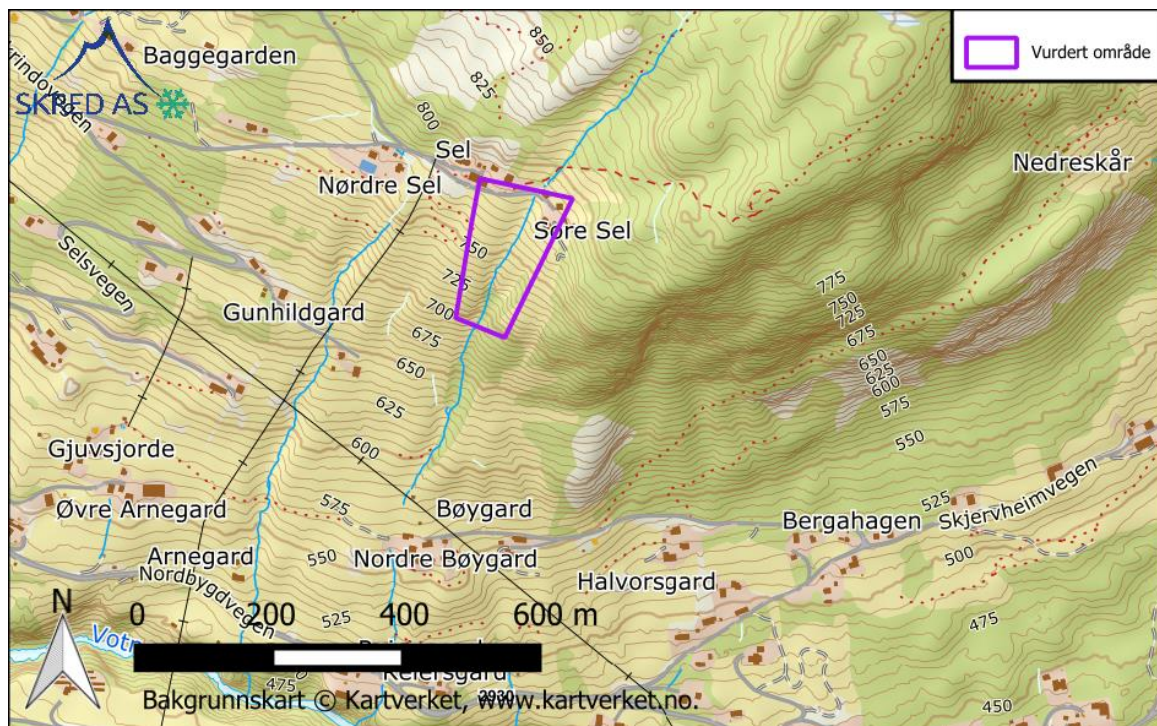
Det har tidligere gått flere skred og utglidninger langs en bekk ved Sel i Ål kommune, senest under «Hans» i 2023, hvor det nedenfor tidligere er anlagt en skredvoll ovenfor bebyggelse ved Nordre Bøygard. Grunneierne ønsker å gjøre tiltak for å hindre videre utglidninger i sideterreng og samle bekkeløpet tilbake til opprinnelig løp. Skred AS er forespurt om å komme med innspill til gjennomføring av eventuelle forbedrende tiltak langs bekkeløpet. Ål kommune ønsker samtidig en vurdering av om sikringstiltakene ved Bøygard fortsatt er tilstrekkelige i lys av skredene som har gått i senere tid.

Skred AS har tidligere utredet farenivå for bebyggelse rundt Sehlsgardane og prosjektert skredvollen ovenfor Nordre Bøygard, som fikk treff under ekstremværet «Hans». Utfyllende beskrivelse av hele området og farenivå mot skred er gitt forprosjekteringsrapport (Skred AS, 2020a) og prosjekteringsrapport (Skred AS, 2021) for sikringstiltak for bebyggelse rundt Sehlsgarane.

2 Beskrivelse av området, befaring og observasjoner

2.1 Beskrivelse av dagens situasjon

Det aktuelle partiet av bekken ligger omtrent 400 m ovenfor skredvollen ved Nordre Bøygard. Bekken renner sørover i ett løp ved utløpet av kulverten under Selsvegen, men deler seg to steder nedover, slik at den stedvis renner i tre ulike løp. Det vestre løpet har gravd seg inn mot sideskråningen som har glidd ut under «Hans» og renner tett på erosjonssårene i sideterrenget her. Videre sørover blir bekken enda brattere der den fortsetter ned mot Bøygard.



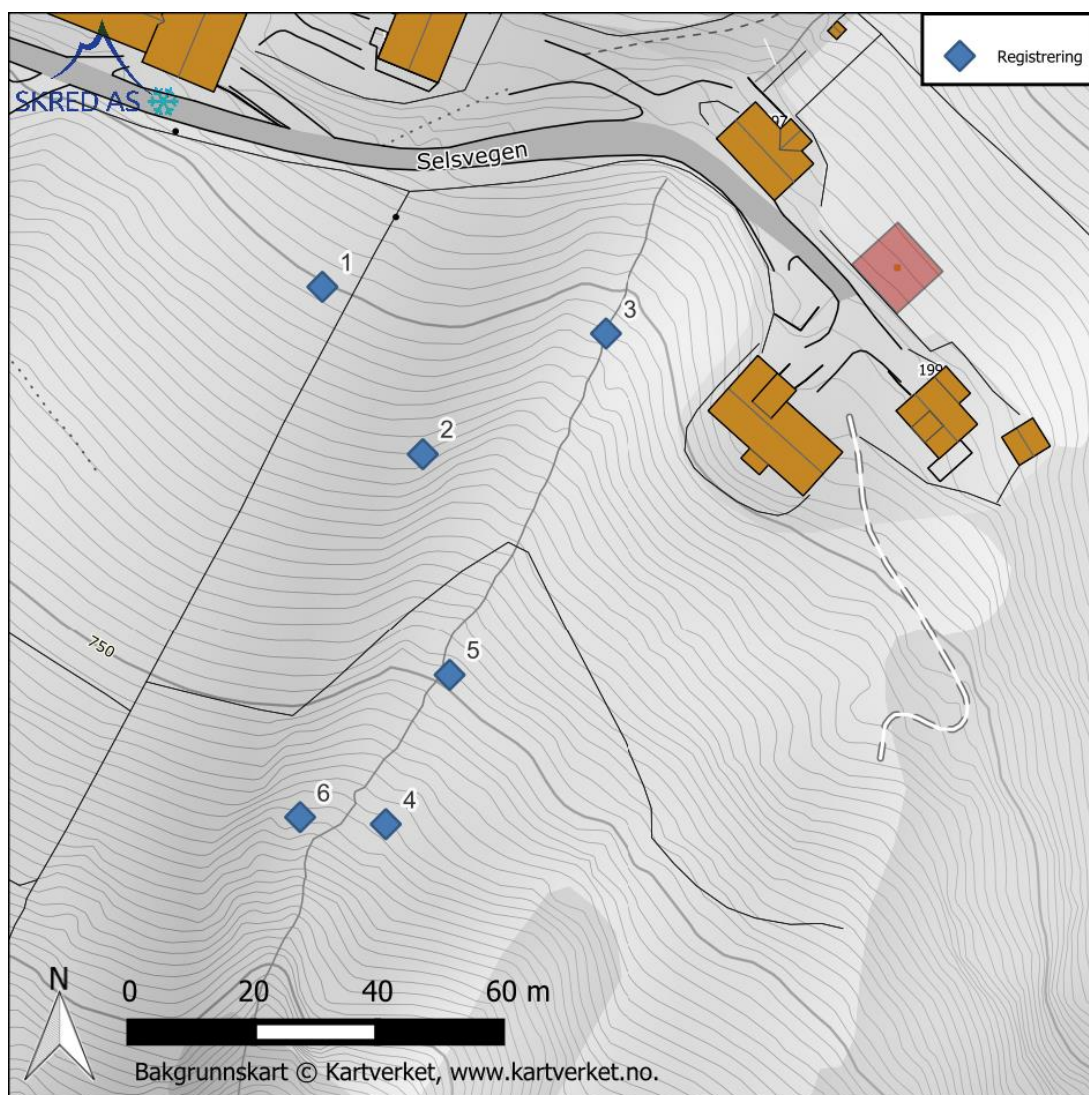
Figur 1: Området som er vurdert ved Sel i Ål kommune.



Figur 2: Flyfoto fra 10. august 2023 sammen med høydekurver.

2.2 Befaring og registreringer

Det ble utført en befaring 26.08.2024 med Kalle Kronholm, Ingrid Alne (begge Skred AS), Svein Furuhaug (Ål kommune) og grunneiere. Det var oppholdsvær og gode befaringsforhold. Registreringer ble gjort til fots og er oppsummert i tabell og figur under.



Figur 3: Registreringer fra befaring.

Registreringspunkt og bilder. Plassering er vist i Figur 3.

1. Overvann kommer ut fra ovenfor vegen. Spor etter vann på terrenget.



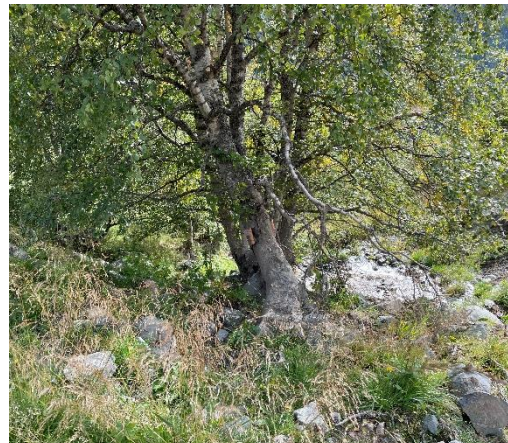
2. Utglidninger langs bekken



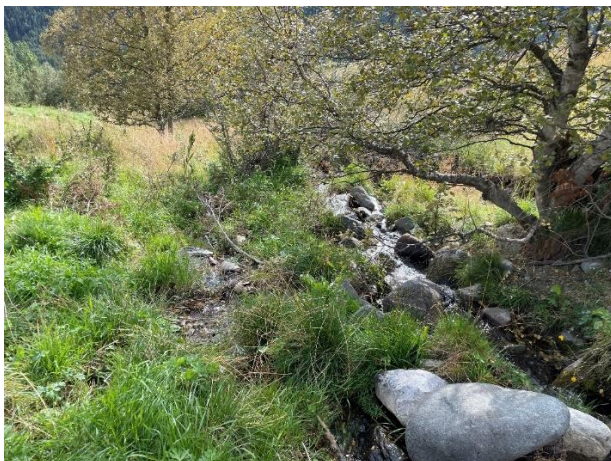
3 Bekken deler seg rett etter utløpet fra en eldre stikkrenne



4. Noe av sidebekken fra punkt 5 kommer ned rett ovenfor treet.



5 Bekken deler seg i to løp på østsiden av tre



6. Bekkeløp renner i foten av erosjonssårene





Figur 4: Flyfoto tatt 10. august hentet fra Norgebilder.no.

3 Beskrivelse av aktuelle tiltak langs bekk

3.1 Generelt

I det videre beskriver vi tiltak som kan være aktuelle for å redusere sannsynligheten for videre utvikling av erosjon langs bekkeløpet og nye utglidninger i sideterreng for dette partiet. Vi har vurdert tiltak som kan gjøres med adkomst med en mindre gravemaskin, men uten tilførsel av eksterne steinmasser da dette trolig vil være krevende i det bratte terrenget.

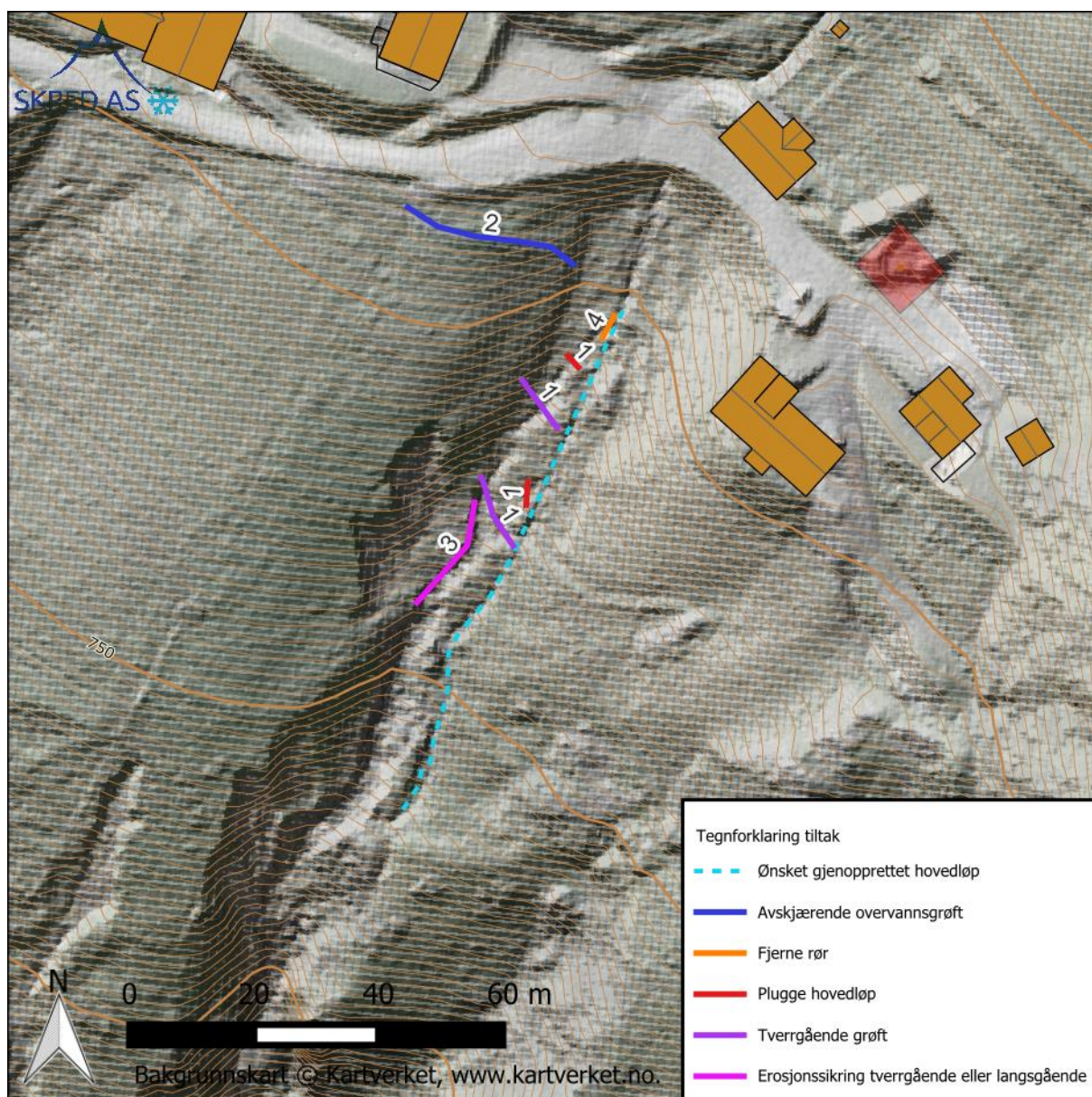
Tiltakene vil kunne redusere sannsynligheten av nye utglidninger fra dette partiet noe, men fremtidige hendelser må fortsatt forventes. Vi vurderer ikke at gjennomføring av tiltakene er en forutsetning for at nedstrøms skredvoll skal gi tilfredsstillende sikkerhet mot skred for bebyggelsen ved Nordre Bøygard. Dette er utredet i kapittel 4.

Overordnet vurderer vi formål med tiltak å være (i prioritert rekkefølge)

- Lede bekkeløpet bort fra foten av erosjonssårene og samle de tre løpene tilbake til et hovedløp langs antatt tidligere trasé.
- Avskjære overvann i overkant av løsneområdene.
- Legge opp noe lokal utsortert grov stein som erosjonssikring langs erosjonssårene.

I de videre delkapitlene er foreslåtte tiltak beskrevet, med henvisning til nummer i figur under.

Dette er kun et forslag til flere løsninger som kan bedre situasjonen, og det må vurderes nærmere på stedet av utførende hva som er gjennomførbart. De viktigste tiltakene er markert som (1) i figur under, da det vil kunne vesentlig redusere videre erosjon ved å lede hovedmengden av vannet lengre øst hvor det ikke er løsneområder. Terrenget langs østre side av bekkeløpet er betydelig slakere, og mindre utsatt for utglidninger ved erosjon langs foten.



Figur 5: Oppsummering av foreslåtte tiltak i bekkeløpet ved Sel.

3.2 Plugge/etablere avskjæringer fra nytt løp over mot østre løp

Langs det øverste løsneområdet (3) renner bekken nå i foten av erosjonssåret. Tidligere har løpet trolig gått lengre øst, da det deler seg like etter utløpet fra et eldre rør (4). Vi foreslår å lede vannet over i det østre løpet ved å plugge det vestre løpet like ved splitten, i tillegg til at man legger inn en tverrgående grøft som avskjærer resterende vannmengder som fortsatt finner veien til det vestre løpet. Dette kan spesielt være aktuelt fra den avskjærende overvannsgrøfta (2), da det kan være utfordrende å lede denne helt bort til det østre løpet.

3.3 Utvide østre løp der det åpenbart er for trangt (aksept for økt erosjon)

Ønsket trasé for bekkeløpet etter tiltak er markert i Figur 5, og går der bekkens tidligere hovedløp kan ha gått. Ved å tilføre mer vann hit vil vannet naturlig erodere og dra med seg masser i dette løpet, slik at det utvides over tid. Dersom man graver i løpet for å utvide, må man akseptere at løpet vil grave seg ytterligere ned i løsmassene her. Derfor anbefaler vi å grave minst mulig i løpet, unntatt der det åpenbart er for lite. Som et alternativ kan man også legge opp masser på sidene, slik som er foreslått ved den søndre tverrgående grøfta i Figur 5. Konsekvensen av erosjon langs østre side av bekkedalen vil trolig være betydelig mindre enn langs foten av utglidningene i vest, ettersom sideterrenget her er betydelig slakere.

3.4 Bruk av stedlige grove masser til å sikre fot av erosjonssår (Punktvis eller langsgående)

Det øverste løsneområdet kan erosjonssikres i fot ved å sortere ut noe større, grov stein av de stedlige massene, slik at disse kan legges i foten av skråningen for å motvirke at bekkeløpet graver seg videre vestover inn i erosjonssårene.

Ideelt sett burde man kjøre inn grove masser, men det er trolig vanskelig med tanke på topografien. Derfor må utførende vurdere hva som finnes av egnede masser, og at man ikke eksponerer nye uheldige områder for erosjon.

De utsorterte grove massene kan enten fordeles jevnt langs foten av erosjonssåret eller så kan man prioritere å plassere ut ansamling av grove masser punktvis med jevne mellomrom nedover for å lede vannet vekk fra skråningsfoten. Det siste kan potensielt være mest effektivt ved mangel på egnet stein.

3.5 Avskjære overvann i overkant av løsneområder

For å redusere mengden vann som ledes ut mot de bratte løsneområdene, foreslår vi å anlegge en avskjærende grøft fylt med pukk/kult sør for adkomstveien ved nr. 195 hvor det kommer ut et mindre overvannsrør. Grøfta dras bort til eksisterende bekkeløp og kan også avskjære et vannsig som går gjennom veifyllingen vest for dagens stikkrenne. Som et alternativ kan man anlegge en overvannsledning, men disse er utsatte for gjentetting og mister gjerne kapasitet over tid som følge av dette. Dersom det legges rør, bør dette ha dimensjon på 400 mm for å være mindre utsatt for gjentetting over tid. En pukk/kultgrøft vil også kreve tilsyn slik at overflaten ikke tetter seg over tid.

Utførende må vurdere hvor langt det er mulig å lede grøfta, men så lenge man anlegger avskjærende tiltak nedenfor, vil man unngå at vannet går langs erosjonssåret. Dersom man avslutter grøfta ut mot det bratte partiet som vist, kan man anlegge en steinsatt grøft med rauset stein nedover mot punkt 1 for å unngå erosjon i skråningen.

3.6 Gjennomføring og HMS

Tiltak gjennomføres i egen regi av grunneiere og er ikke detaljprosjektert. Utførende må selv gjøre tilstrekkelige vurderinger for ivaretagelse av sikkerhet under arbeider. Det må lages en plan over mulige risikomomenter og avbøtende tiltak (SJA). Under følger noen overordnede anbefalinger knyttet til gjennomføring og HMS.

- Adkomst med maskin i bratt sideterreng krever gode vurderinger av utførende entreprenør. Trolig er enkleste adkomst via eksisterende traktorvei sør for bruket Søre Sel ved Selsvegen 199. Risikomomenter vil være utglidning / velting av maskin.
- Værforhold – tidsvindu for gjennomføring
Arbeidene må utføres over en kort periode hvor det er gunstige værforhold. Under og etter nedbørperioder bør arbeid avvente til grunnen er tørr/drenert, da mye vann i løsmassene påvirker stabiliteten negativt
Av samme grunn bør man også avvente til telen har gått i bakken og grunnen tørket helt opp.
- Alle arbeider med maskin langs bekkeløp må gjøres med aktsomhet med tanke på stabilitet av maskin og omliggende skråninger. Ved behov for å grave i skråningsfot må dette gjøres seksjonsvis med korte seksjoner (maks 4-6m) og umiddelbar oppfylling.
- Eventuell mellomlagring av masser må plasseres i slake områder og med lave fyllingshøyder, samt i god avstand til skråningskant til bekkeløpet for å ikke påvirke lokalstabiliteten negativt.

4 Gjennomgang av tidligere skredvurderinger i forhold til hendelser under «Hans» og foreslått erosjonssikring

Skred AS er bedt om å vurdere hvordan de foreslåtte erosjonstiltakene påvirker sikringstiltakene mot skred (ledevoll A og B ovenfor Nordre Bøygard) nedstrøms, og spesielt om tiltakene er en premisse for at disse to ledevollene skal ha tiltenkt funksjon. I tillegg er Skred AS bedt om å vurdere om vollene fortsatt gir tilstrekkelig sikring for bolighusene nedenfor vollene gitt at bekkeløpene under Hans ble endret og ny informasjon skredene under Hans har gitt.

4.1 Bakgrunnsmateriale

Faresonekartleggingen og de skredfaglige forutsetninger og premissene som ligger til grunn for vollprosjekteringene er gitt i Skred AS rapport 19188-01 fra forprosjekteringen, med justeringer beskrevet i vår prosjekteringsrapport 20168-01. En del forutsetninger og observasjoner er beskrevet i vår rapport 18197-01, som oppsummerer akuttvurderingen etter skredhendelsene i 2018. Tidlige skisser til sikringsløsninger er gitt i vår rapport 18210-01.

Tiltakene ovenfor Nordre Bøygard ble designet for å sikre bygningsmassen mot skred med nominell årlig sannsynlighet 1/1000. Den øvre av de to vollene, voll A, skulle i henhold til designet være minst 3,0 m over bunn av bekkeløp. Traktorvei med kulvert, nedstrøms nedre avslutning av voll A ble anbefalt fjernet. Dette fordi vi så på beregningsresultater, at det kunne stuve seg opp masser der, med følgende fare for økt klatrehøyde og overløp på nedre del av voll A.

4.2 Revurdering av tiltak etter Hans-skredene

Skredene som gikk i Øvre Hallingdal under Hans, har gitt oss mye ny viten om denne typen skred. Skredet som gikk ned langs sikringstiltakene ovenfor Nordre Bøygard, ga oss spesiell viten om hvordan tiltaket håndterer store skred.

Ved prosjektering av tiltakene ovenfor Nordre Bøygard, var den informasjonen ikke tilgjengelig. Vi har her sett på hvilke forutsetninger som lå til grunn for design av tiltaket ovenfor Nordre Bøygard, og om det med dagens kunnskapsnivå er behov for å justere disse forutsetningene. Dersom funnene viser at forutsetningene for design bør revideres, bør også effekten av de etablerte sikringer revideres, og/eller tiltakene bør justeres for å oppnå effekten de var designet for.

I 2020 kom det er FoU rapport fra NVE (skrevet av Skred AS), der en metodikk ble foreslått for beregning av utbredelse av jordskred i åpne skråninger (Skred AS, 2020b). Den rapporten kommer med anbefalinger for beregninger, som også har blitt benyttet av enkelte for mer kanaliserte skred, slik det er tilfellet ved Nordre Bøygard. Vi har sett de anbefalte verdiene opp mot de som er brukt i design av tiltakene ovenfor Nordre Bøygard.

4.2.1 Løsneområder, løsnevolum og erosjon av skred under Hans

I Skred AS rapport 19188-01-2 ble plassering, omtrentlig tykkelse og areal på løsneområdene for jordskredene i april 2018 beregnet ved endring i terrenget mellom LiDAR skanning i 2009

og i 2018. Disse verdiene ble brukt som grunnlag for vurdering av designscenarier for tiltakene ovenfor Nordre Bøygard. Scenarier for dimensjonerende skred (nominell årlig sannsynlighet 1/1000), hadde volum på inntil 3400 m³ med bruddkanthøyde på inntil 1 m (se også avsnitt 4.2.4 nedenfor).

Samme type beregning har vi nå utført på LiDAR skanning fra 2018 og 2023, der vi antar at terrengendringene primært skyldes jordskredene som ble utløst under Hans i 2023. Løsnevolum for skredene i 2018 varierte mellom 23-432 m³, mens gjennomsnittlig bruddhøyde varierte mellom 0,25-0,87 m. Tabell 1 viser beregnet volum, areal og gjennomsnittlig bruddhøyde på skredene som gikk under Hans. Løsnevolum for skredene under Hans i 2023 varierte mellom 35-283 m³, mens gjennomsnittlig bruddhøyde varierte mellom 0,69-1,15 m. Beregningene viser at det fra skanningen i 2018 til skanningen i 2023 totalt ble erodert ca. 1800 m³ i det østlige bekkeløpet, mens det ble erodert ca. 300 m³ i det vestlige bekkeløpet. Denne erosjonen antar vi primært kom under Hans.

Tabell 1: Løsneområdene fra skredhendelsene under Hans (Figur 7), med tilhørende volumestimat, areal og gjennomsnittlig bruddhøyde.

Løsneområde	Volum (m ³)	Areal (m ²)	Gjennomsnittlig brudd-/erosjonhøyde (m)
O	283	256	1,11
P	47	59	0,80
Q	35	45	0,77
R	226	224	1,01
S	50	73	0,69
T	45	48	0,94
U	276	241	1,15
Erosjon i østlig bekkeløp	1803	4845	0,37
Erosjon i vestlig bekkeløp	297	2740	0,11

Beregningene fra terrengmodellen viser at skredene under Hans hadde noe større bruddhøyde enn skredene i 2018, men gjennomsnittlig mindre løsnevolum. Erosjon langs bekkeløpene under Hans skyldes sannsynligvis både erosjon/medrivning under skredhendelsene og erosjon som følge av stor vannføring før og etter skredene. Skredvolum på skredene som gikk under Hans (løsnevolum + eroderte masser) antas å være opptil ca. 500-1000 m³. Det er dermed ca. halvparten av skredvolumet som ble lagt til grunn for dimensjonerende skred med årlig sannsynlighet 1/1000. Basert på dette antas skredene under Hans å ha en årlig sannsynlighet på ca. 1/200-1/500.

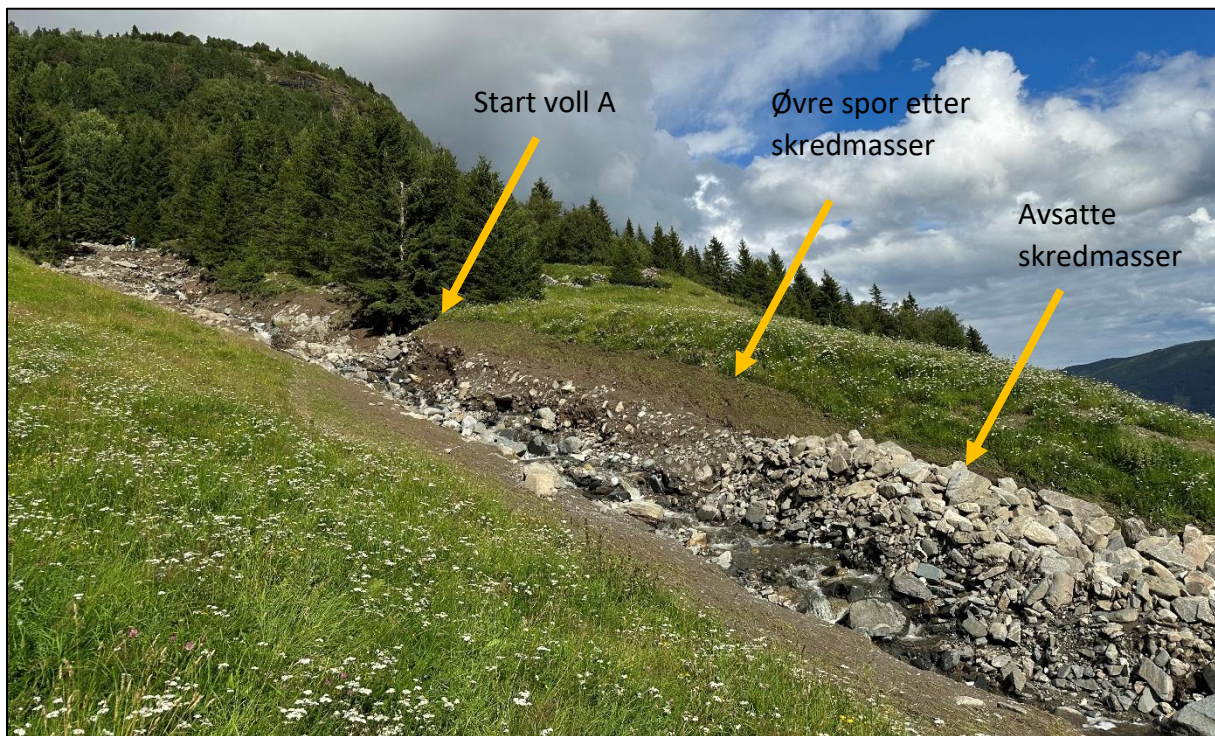
I Skred AS rapport 19188-01-2 ble det utført modelleringer med ett og ett løsneområde. Det ble dermed i liten grad hensyntatt at aktuelle løsneområder kan utløses med samtidig eller med kort mellomrom, slik som under Hans og tidligere skredsykluser i området. Aktuelle løsneområder som har utløp ned i samme skredbane (forsenkning, bekkeløp etc.) kan føre til at det avsettes masser på ugunstige plasser, og at evt. skred som kommer etter dette får en

annen utbredelse. I dette tilfelle vil det være spesielt kritisk om det avsettes skredmasser langs vollen, slik at vollens effektive høyde reduseres, slik det er vist i avsnitt 4.2.2.

4.2.2 Observasjoner av skred ved voll A under Hans

Figur 6 viser skredutbredelsen på den 3,0 m høye ledevollen (voll A). Skredmassene har nådd nesten opp til toppen av vollen. Anslagsvis 0,3-0,5 m fra toppen av vollen i øvre del og 0,5-1 m i nedre del. I øvre del av vollen ble det erodert i bunnen av bekkeløpet, som økte effektiv høyde på vollen. I nedre del av vollen ble det avsatt skredmasser, som reduserte effektiv høyde på vollen. På grunn av de avsatte masser var det en liten bekk som rant mellom voll A og voll B, ned mot bygningene på Nordre Bøygard.

Avsetninger av skredmasser i skredbanen under en skredhendelse er vanskelig å tolke ut fra våre modellberegninger. I forprosjektet ble det kommentert at punktet der traktorveien krysser bekken nedenfor voll A kunne gi oppstuvning av masser, tolket ut fra beregninger. Det kan være det man ser i Figur 6: Avsetningen har startet der traktorvegen krysser bekken, og deretter fortsetter avsetningen oppstrøms. Erosjon og avsetning av masser i denne typer strømning er i stor grad tilfeldig, og i liten grad noe tilgjengelige modellverktøy kan forutsi nøyaktig. Det er derfor viktig å legge inn en viss sikkerhetsfaktor ved design av denne typen tiltak. Ved design av voll A ble det lagt inn en liten sikkerhetsfaktor, men sett i lyset av avsetningene etter Hans, kunne den nok ha vært større.



Figur 6: Skredutbredelse på ledevoll A, ovenfor Nordre Bøygard. Bilde tatt mot øst, den 16. august 2023. Skredbevegelse fra venstre mot høyre i bildet.

4.2.3 Generelle observasjoner fra skred under Hans

Mange av de større skredene som gikk i Hol og Ål under Hans, hadde stor rekkevidde i forhold til det våre modellberegninger viste. Vi mener det i stor grad skyldes at vanninnholdet i skredmassene var relativt høyt, og at det etter skredene kom betydelige vannmengder som masseførende flom.

Store mengder vann i flomsituasjonen før og etter en skredhendelse gjør det enda viktigere å erosjonssikre tiltak som voll A, som grenser til en bekk. Dette mener vi er håndtert tilfredsstillende for voll A, slik det er beskrevet i avsnitt 4.2.6 nedenfor.

Høyt vanninnhold i et skred vil gjøre skredmasser mer mobile, slik at hastigheter generelt er høyere enn skredmasser med lavere vanninnhold. For vollene A og B som utgjør den primære sikringsløsningen for Nordre Bøygard, betyr det at skredhastigheten forbi vollene muligens har vært høyere enn de våre modellberegninger har vist. Det igjen kan bety at skredmasser klatrer høyere opp på vollen, men også at tykkelsen på skredmassene er lavere enn de vi har forutsatt for vårt design. Siden vi ikke kjenner til hvordan skredet ved Nordre Bøygard beveget seg, kan vi ikke konkludere med om våre beregninger var «riktig», men nedenfor, i avsnitt 4.2.4, har vi gjort nye beregninger med parametere som kan indikere om våre tidligere beregninger har vært for lite konservative.

4.2.4 Supplerende beregninger

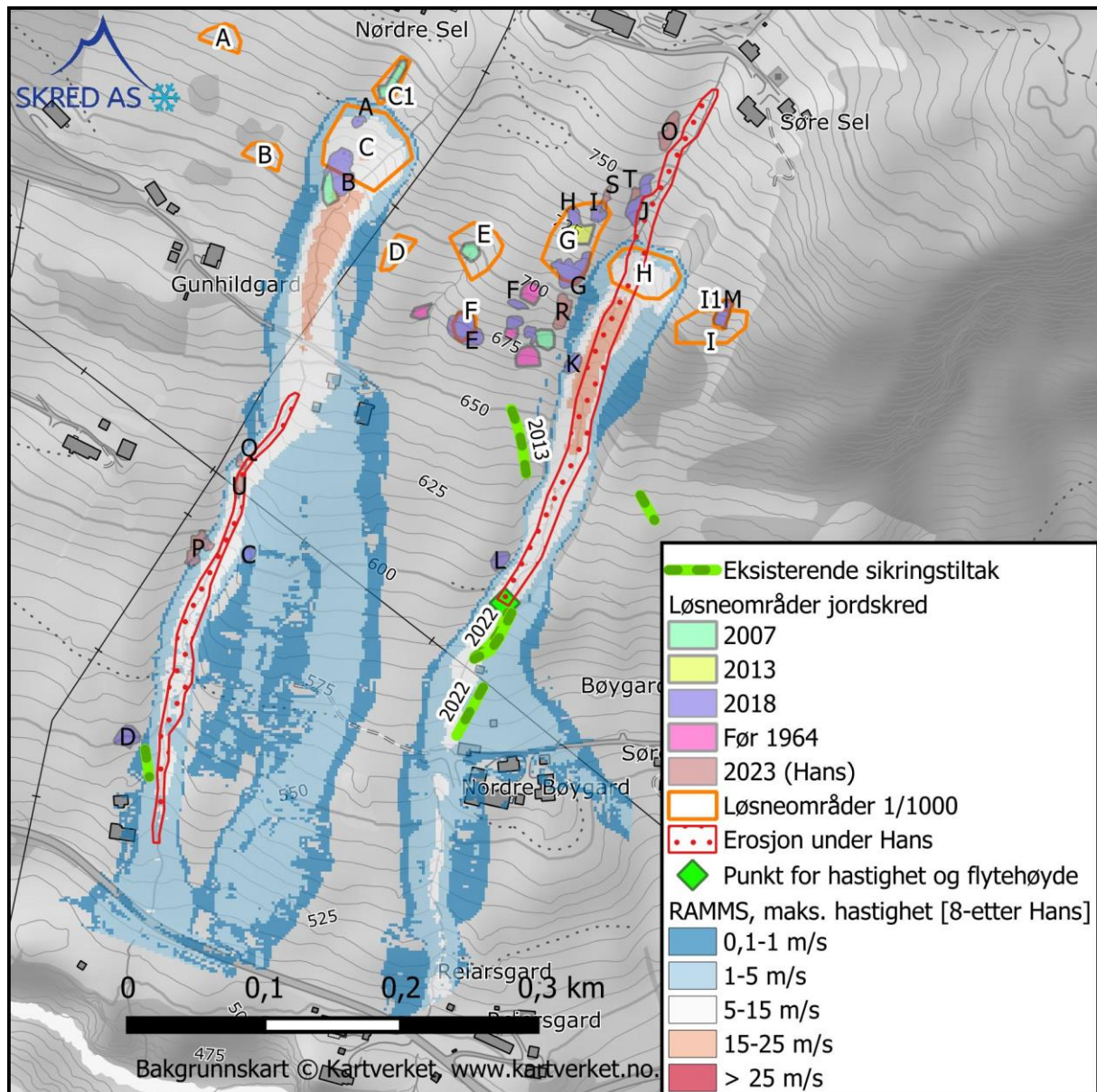
I Skred AS rapport 19188-01-2 ble det utført beregninger både fra kartlagte løснеområder etter tidligere hendelse før Hans og større løснеområder som ble vurdert som

dimensjonerende for skred med årlig sannsynlighet på 1/1000. Blant annet ble det vurdert at skred fra løснеområdene C og H med bruddkanthøyde på 1 m ($1700-3400 \text{ m}^3$) var representativt for skred med årlig sannsynlighet på 1/1000. Nødvendige volldimensjoner ble i Skred AS rapport 19188-01-2 ble først grovt estimert ut fra den tradisjonelle metoden (Statens vegvesen, 2023). Deretter ble det gjort iterasjoner mellom beregninger og ulike geometrier for voll A og B, som grunnlaget for den endelige vollgeometrien og kombinasjonen av disse to vollene. Til slutt ble det lagt til en sikkerhetsmargin på 0,5 m i høyden på voll A.

Vi har nå supplert med beregninger av skreddynamikk med følgende endringer fra vurderingene som var premisser til prosjektert voll:

- 1) Oppdatert terrengmodell fra etter Hans.
- 2) Beregninger med løснеområder som ble observert under Hans.
- 3) Inkludert erosjon nedover i skredbanen, slik det er beskrevet i FoU-rapporten fra 2020, nevnt ovenfor (Skred AS, 2020b)
- 4) Konservativ modellberegninger med en økning av bruddhøyde på 50-100 % av den dimensjonerende bruddhøyde på 1 m (1,5 m og 2,0 m). Disse beregningene representerer skred med antatt årlig sannsynlighet lavere enn 1/1000, og ble gjort for å vurdere hva vollen kan motstå og evt. utbredelsen på skredmasser som overtopper vollen.

Beregninger av dimensjonerende skred fra Skred AS rapport 19188-01-2 på oppdatert terrengmodell (punkt 1 over) ga ikke overtopping av vollen. Det gjorde heller ikke beregninger med løснеområder som under Hans (punkt 2), eller beregningene med erosjon (punkt 3). De mer konservative modelleringene (punkt 4) ga overtopping av vollen og skredmasser ned til Nordre Bøygard (Figur 7), men disse scenarioer har antatt lavere årlig sannsynlighet enn 1/1000. I de konservative beregningene var hastigheten til skredmassene ved bygningene på tunene er generelt lavere enn 0,1 m/s.



Figur 7: Eksempel på modelleringsresultat med 2,0 m bruddhøyde og erosjon langs skredbanen (modellering nr. 8 etter Hans). Dette representerer et scenario som er sjeldnere enn 1/1000, som har vært dimensjonerende for sikringstiltakene ovenfor Nordre Bøygard.

4.2.5 Beregninger av nødvendig vollhøyde med andre tilnærminger

I Skred AS rapport 19188-01-2 ble det ikke vektlagt beregning av nødvendig vollhøyde på grunnlag av tradisjonell (Statens vegvesen, 2023)- eller hydrodynamisk metode (kilde), da vi denne metodikken ikke er godt dokumentert for kanaliserte jordskred. For enda en sjekk av nødvendig vollhøyde på voll A ovenfor Nordre Bøygard, har vi nå gjort beregninger basert på hastighet og flyte høyde ved toppen av voll A (lysegrønt punkt i Figur 7) for ulike beregningsresultat.

Tradisjonell metode tilsier at en vollhøyde på 3,0 m er tilstrekkelig for alle modelleringsresultatene med antatt årlig sannsynlighet på 1/1000 eller høyere. Metoden gir

vollhøyde høyere enn 3,0 m kun ved en av modelleringene. Hydrodynamisk metode tilsier at en vollhøyde på 3,0 m er for lav for alle modelleringsresultatene.

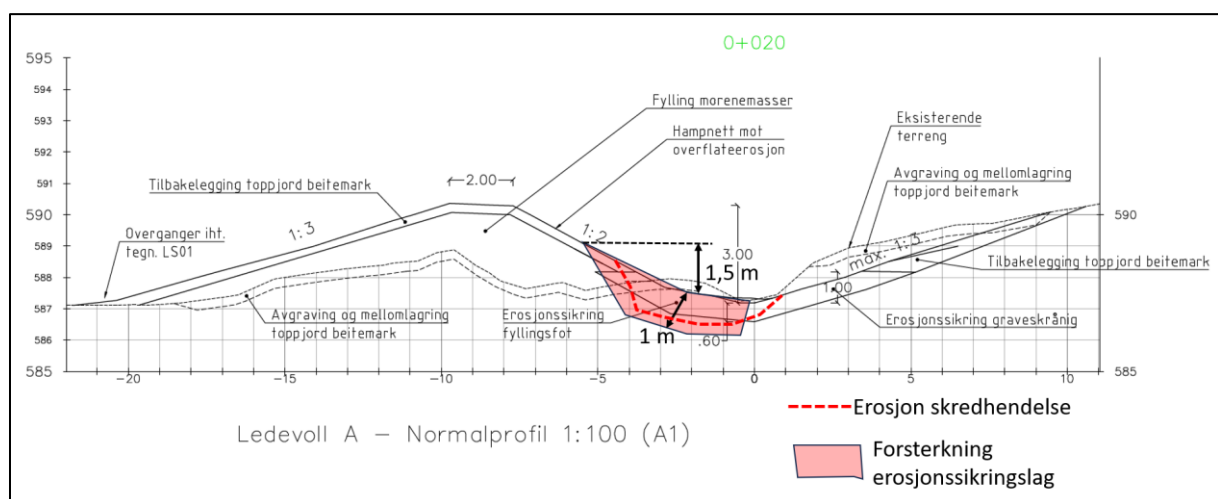
Beregningene forutsetter bratt støtside. I dette tilfelle har vollen en slak støtside, og dette må dermed hensyntas ved vurdering av beregningene.

Tabell 2: Beregnet vollhøyde ved tradisjonell- og hydrodynamisk metode for ulike beregningsresultat.

Nr.	Beskrivelse	Hastighet (m/s)	Flytehøyde (m)	Tradisjonell metode (m)	Hydrodynamisk tilnærming (m)
02	Samme input som for 1/1000 i 19188-01-2	8	1,3	1,7	3,3
03 og 06	Samme input som for 1/1000 i 19188-01-2, men med erosjon i skredbanen	6,1-6,7	1,7-2,4	1,9-2,7	4,1-5,8
04-05	Løsneområder som under Hans	3,6-5,8	0,5-1,9	0,6-2,1	1,2-4,6
07-09	Betydelig større løsnemasse og erosjon i skredbanen, antatt årlig sannsynlighet lavere enn 1/1000.	7,1-9,0	2,2-2,9	2,7-3,2	4,2-5,6

4.2.6 Foreslåtte tiltak på vollen etter Hans

På grunn av erosjon i bekkeløpet og i foten til vollens støtside, ble det etter Hans foreslått et forsterket erosjonssikringslag (Figur 8). Dette gir ingen endring i vollens dimensjoner, blant annet er effektiv vollhøyde foreslått uendret.



Figur 8: Foreslått tiltak etter skadene vollen fikk på grunn av erosjon under Hans (Skred AS).

4.3 Effekt av foreslåtte erosjonssikringstiltak på skredfare

Erosjonssikringen foreslått i avsnitt 0 ovenfor, vil redusere sannsynligheten for at et større volum av løsmasser utløses som et jordskred. En eventuell utglidning av masser fra området der erosjonssikringen er foreslått er innafor det scenario vollen er designet for. Den foreslåtte erosjonssikringen er derfor ikke nødvendig for at sikringstiltakene ovenfor Nordre Bøygard skal ha den effekten de er designet for.

4.4 Konklusjon på skredvurderinger

Basert på en vurdering av løsneområder, erosjon, modelleringer og beregninger av nødvendig vollhøyde på grunnlag av hendelsene under Hans, konkluderer vi med følgende:

- Erosjonssikring i øvre deler av bekken, som vist i avsnitt 0 ovenfor, vil trolig redusere løsnestannsynlighet for skred som går ned mot tiltakene ovenfor Nordre Bøygard. Det er flere aktuelle løsneområder for skred som får utløp ned i samme skredløp, og tiltakene er designet etter et scenario som er større enn massene som kan utløses fra terrenget vest for den foreslåtte erosjonssikringen. Tiltakene ovenfor Nordre Bøygard er derfor ikke avhengig av den foreslåtte erosjonssikringen for å den effekten de er designet for å ha.
- Vi står fortsatt inne for dimensjonerende scenarioet for skred med årlig sannsynlighet på 1/1000 fra Skred AS rapport 19188-01-2, men sett i lyset av skredene under Hans, er det flere scenarioer som kunne vært belyst. Det gjelder for eksempel muligheten for flere skredpulser under samme skred, avsetninger fra tidligere skred etterfulgt av flere skred i samme skredløp innenfor er kort tidsrom, og muligheten for ulik grad av vannmetning i skredmassene. Disse forholdene er nå vurdert, og ingen av disse forholdene tilsier at tiltakene ovenfor Nordre Bøygard, og spesielt voll A, ikke er tilstrekkelig for å sikre at vollen har tiltenkt virkning.
- Modelleringer viser at store skred eller flere skred i samme skredløp kan overtoppe vollen, men vil ha lav hastighet ved bolighuset og følgelig ikke gi skredskader av betydning. Disse scenarioene vurderer vi har lavere årlig sannsynlighet enn 1/1000, og de er derfor ikke relevante for vollens sikringsmål, som er 1/1000.
- Beregninger av nødvendig vollhøyde tilsier at en vollhøyde på 3,0 m er tilstrekkelig for ved bruk av tradisjonell metode, men for lav ved bruk av hydrodynamisk metode. Dette tilsier også at skredmasser kan overtoppe vollen.
- Gitt de store usikkerhetsmomentene som er belyst ovenfor, kunne man velge å legge på en sikkerhetsmargin ved design av denne typen ledevoller mot den aktuelle skredtypen. Men metodikken som ble fulgt under design av vollene virker fornuftig, også når den er justert for læringen etter skredene som gikk under Hans.

5 Referanser

Skred AS. (2020a). *19188-01-2 Forprosjekt skredsikring Sehlsgardane.*

Skred AS. (2020b). *FOU 80607 - RAMMS::Debris Flow for beregning av jordskred.*

Skred AS. (2021). *20168-01-1 Prosjekteringsrapport Sehlsgardane.*

Statens vegvesen. (2023). *V139 Flom- og sørpeskred.*