



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·







<b>Rapport nr.:</b> 2020.021	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser			
<b>Forfatter:</b> Gro Sandøy og Lena Rubensdotter		<b>Oppdragsgiver:</b> Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	
<b>Fylke:</b> Møre og Romsdal		<b>Kommune:</b> Sunndal og Oppdal kommune	
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b>		<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b> ROMFO 1420-2 Snøhetta - 1519 IV	
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b>		<b>Sidetall:</b> 98	<b>Pris:</b>
		<b>Kartbilag:</b>	
<b>Feltarbeid utført:</b> 2016, 2017, 2018 og 2019	<b>Rapportdato:</b> 29.04.2020	<b>Prosjektnr.:</b> 367900	<b>Sidemannskontroll:</b> Raymond Eilertsen
<b>Sammendrag:</b> <p>I forbindelse med kvartærgeologisk kartlegging i skredterreng har NGU erfart at det i mange tilfeller er usikkerhet rundt tolkningen av skredtyper på komplekse skredvifter. Usikkerheten består i å sikkert kunne knytte spesifikke landformer og sedimenter til en bestemt skredtype. Det finns i litteraturen eksempler av avsetninger fra enkelte skredtyper, men ettersom flere skredtyper samvirker på den samme viften finnes det ingen enkel oppskrift for å skille dem fra hverandre. Dette gjelder spesielt for å identifisere og skille sørpeskred- fra flomskredavsetninger, men også våte snøskred fra sørpeskred. Bedre kunnskap om hvordan ulike skredtyper påvirker form og avsetning på vifter er også viktig for faresonekartlegging, hvor ulike skredtyper vil ha ulike gjentaksintervaller og dermed faregrad.</p> <p>Prosjektet som rapporteres her startet i 2016 for å oppnå en bedre forståelse av komplekse skredvifter. Tre viftesystemer i Sunndalen (Møre og Romsdal) og Drivdalen (Trøndelag) med nylig aktivitet ble utvalgt for studien. Prosjektets opprinnelige mål var å prøve å skille sørpeskredavsetninger fra flomskredavsetninger ved hjelp av bl.a. fastmonterte kameraer og feltarbeid. Et annet mål var å skille generelt vannmettede skredavsetninger fra tørrere snøskred og steinsprang. Siden skredavsetninger endrer seg over tid og fort blir dekket med vegetasjon, ble det vesentlig å dokumentere nye skredhendelser med monitoreringskamera og etterpå kartlegge og analysere avsetningene. Gjennom prosjektet er det over 4 år registrert 427 snøskred, 4 flomskred og 1 steinsprang på de monitorerte viftesystemene. Det har ikke inntruffet noen sørpeskredhendelser i perioden og fokuset ble derfor snevres inn til kun å dekke snøskred og flomskred. Da prosjektfokuset er forståelse av skredavsetninger er det ikke utført analyse på klimadata tilknyttet selve utløsningen av de registrerte skredhendelsene eller nærmere analyse av parametere tilknyttet kildeområdene.</p> <p>Resultater fra denne studien viser at det er viktig å <i>kombinere</i> sedimentologiske observasjoner og morfologisk tolkning for å kunne identifisere skredtype. Dette betyr at <i>kun</i> sedimentologisk analyse av avsetningene ikke er tilstrekkelig for å gi en entydig identifisering av skredtype. Viftenes morfologi sett på skyggekart gir en indikasjon på ulike skredtyper, men studien viser at det er vesentlig å kombinere skyggekart med <i>feltkartlegging</i> for å få en korrekt forståelse og kartlegging av ulike skredtyper på samme overflate. Det er viktig å være bevist på at ikke alle skredtyper gir en tydelig morfologisk signatur på viftene, som for eksempel snøskred som ikke eroderer.</p>			
<b>Emneord:</b>	Skredvifter	Flomskredavsetninger	
Snøskredavsetninger	Morfologi	Sedimentologi	
Skredkartlegging	Kvartærgeologisk kartlegging		





## INNHOOLD

1.	INNLEDNING .....	7
1.1	Bakgrunn og formål .....	7
1.2	Masteroppgave.....	8
1.3	Studieområde .....	9
1.4	Grunnlagsdata .....	13
2.	METODIKK.....	15
2.1	Sammenligning av eksisterende ortofoto .....	15
2.2	Monitoreringssystem .....	15
2.2.1	Teknisk beskrivelse .....	15
2.2.2	Analyse av monitoreringsbilder .....	16
2.3	Feltarbeid .....	17
2.3.1	Registrering av overflatesedimentologi i observasjonspunkter .....	17
2.3.2	Registrering av overflatemorfologi .....	18
2.3.3	Bakkebasert lidarskanning .....	18
2.3.4	Fotogrammetri .....	19
2.3.5	Høyoppløselige bilder (Gigapixel-foto).....	19
2.3.6	Radiokarbondatering (14C-datering) .....	19
3.	RESULTATER .....	21
3.1	Foreløpig kvartærgeologisk kart.....	21
3.2	Sammenligning av eksisterende ortofoto .....	25
3.3	Data fra monitoreringen.....	27
3.3.1	Eksempel flomskred .....	27
3.3.2	Eksempel snøskred .....	29
3.3.3	Oppsummering av registrerte skredhendelser .....	32
3.4	Kartlegging av overflatemorfologi .....	36
3.4.1	Sunddal vest .....	36
3.4.2	Sunddal øst .....	44
3.4.3	Drivdalen .....	49
3.5	Kartlegging av overflatesedimentologi .....	54
3.5.1	Sunddal vest .....	54
3.5.2	Drivdalen .....	66
3.6	Radiokarbondatering og stratigrafisk tolkning fra masteroppgave .....	73
3.7	Sammenligning av gjentatt lidarskanning for Drivdalen.....	76
4.	DISKUSJON .....	79
4.1	Evaluering av prosjektmetodikk .....	79

4.1.1	Fotografisk monitorering.....	79
4.1.2	Overflatesedimentologi .....	80
4.2	Forståelse av oppbygning av komplekse viftesystem.....	81
4.2.1	Utvikling siden siste istid .....	81
4.2.2	Sedimentologisk signatur av steinsprang-, snøskred- og flomskredavsetninger	82
4.2.3	Morfologisk signatur av steinsprang-, snøskred- og flomskredavsetninger .....	88
4.2.4	Kombinasjon av flere skredtyper på samme overflate .....	89
4.3	Tilpasse nye SOSI-koder .....	93
4.4	Forslag til oppfølgende arbeid .....	93
5.	KONKLUSJONER .....	95
5.1	Monitorering av komplekse skredvifter .....	95
5.2	Sedimentologiske og morfologiske særtrekk for ulike skredavsetninger i denne studien .....	95
5.3	Kombinere sedimentologi og overflatemorfologi .....	97
6.	Referanser.....	98

## VEDLEGG

- VEDLEGG 1: Helningskart
- VEDLEGG 2: Skredhistorikk fra masteroppgave
- VEDLEGG 3: Logger fra masteroppgave
- VEDLEGG 4: Foreløpig kvartærgeologisk kart



# 1. INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn og formål

Over mange år med kvartærgeologisk kartlegging i skredterreng har NGU erfart at det i mange tilfeller er usikkerhet rundt forståelsen av komplekse skredvifter. Usikkerheten består i å sikkert knytte spesifikke spor i form av landformer og sedimenter til en spesifikk skredtype. I litteraturen finnes det eksempel på avsetninger fra enkelte skredtyper, men ettersom flere skredtyper opptrer på den samme viften finnes det ingen enkel oppskrift for å skille dem fra hverandre. Dette gjelder spesielt for å skille sørpeskred- fra flomskredavsetninger, men også våte snøskred og sørpeskred kan være vanskelig å skille fra hverandre. Bedre kunnskap om hvordan ulike skredtyper påvirker morfologi og avsetning på vifter er også viktig ved faresonekartlegging, hvor ulike skredtyper vil ha ulike gjentaksintervall og dermed faregrad.

Skredvifter er ofte store systemer der mange ulike skredprosesser, som steinskred, steinsprang, flomskred, sørpeskred og snøskred, kan være aktive og påvirke viftens form og sedimenter. Hvilke skredprosesser som er mest aktive kan ha endret seg gjennom Holocen, noe som betyr at de prosessene som i hovedsak har bygget opp avsetningen ikke nødvendigvis er de som er mest aktive, og dermed mest farlige i dag. Det er i Norge utført relativt lite forskning på den geologiske oppbygning av skredvifter, spesielt der hvor prosesser tilknyttet flom- og sørpeskred er aktive. Blikra (1994) gjennomførte i sin doktorgrad detaljert kartlegging av sedimentologien i lange profil gjennom flere skredvifter, og knyttet sedimentologien opp mot dominerende skredtyper. De viktigste konklusjonene fra Blikra er summert i Figur 1, hvor de separate skredtypene blir presentert gjennom geometri og vertikal stratigrafi. Utfordringen med å bruke Blikras resultater som basis ved kvartærgeologisk kartlegging er blant annet at skjæringer sjelden er tilgjengelige i skredvifter og at overlappende skredprosesser er lite eksemplifisert.

Dette prosjektet startet opp i 2016 som for å oppnå en generelt bedre forståelse av komplekse vifter. Tre viftesystemer med kjent nylig aktivitet ble utvalgt for studien. NVE har finansiert prosjektet i 4 år og resultatene til nå er sammenfattet i denne rapporten. Det er siden 2016 gjennomført:

- Kvartærgeologisk detaljkartlegging etter SOSI-standard
- Gjentatt dokumentasjon av overflatesedimentologi
- Daglig monitorering av viftesystemet ved fastmontert kamera (6 bilder pr. dag)
- Dronebilder og høyoppløselig gigapanbilder
- Lidarskanning

Ettersom prosjektfokuset er forståelse av skredavsetninger er det ikke utført analyse på klimadata tilknyttet de registrerte skredhendelsene, eller nærmere analyse av løsnemåtene.

SEDIMENTARY FEATURES	DEPOSITIONAL PROCESSES			
	rockfall/debrisfall	debrisflow		waterflow
TYPE/GEOMETRY OF DEPOSITS	Fresh rock debris, Resedimented gravel, Upslope lining, Varied rounded, Scattered clasts, Lobate or "patchy" accumulations of debris; scattered large "outrunners"	AVALANCHES Relatively broad lobes, Highly elongate, tongue-shaped lobes (upslope fining), Levees, Spill-over lobes, High-viscosity debrisflow, Low-viscosity/watery debrisflow		Toolmark grooves, "Debris horn", Longitudinal grooves, debris ridges & clast-thick levees, One clast-thick levee, Small "digitated" lobe with frontal wash-out sand, "Patchy" lobes, Scattered clasts, Drier snowflows, Slushflow, Levees of bypassing debrisflows, Overbank sand
three-dimensional view				
vertical cross-section	Upward fining, Openwork, Infilled by "tail", Upward fining, Openwork	Tabular beds, Large "floating" clasts	"Imbricate" beds, Lenticular beds with "imbricate" or more complex stacking	Indistinct boundaries, Melt-out clasts in precarious positions, Lens with sandy downslope "tail", Waterlain infill, Stratified waterlain infill of larger interstices, Redeposited humic soil, Waterlain infill, Isolated channel-fills (up to 1.5 m thick)
TEXTURE AND STRUCTURE	Highly immature debris; mainly angular clasts, Boulder to sand size grade, Clast-supported and commonly openwork, with pebbly to sandy infill at the top. Deposits often infilled with waterlain sand and/or redeposited soil material.	Mature debris; subrounded to rounded clasts, Matrix-rich to clast-supported, Sandy/muddy matrix, Common "coarse-tail" inverse grading and outsized cobbles or boulders.	Clast-supported, bouldery to cobbly "heads" and clast-to matrix-supported, pebbly upslope "tails", Common normal grading.	Unsorted, scattered clasts and gravel "patches" infilled with waterlain sand or pebbly sand. The sand in large interstices shows stratification, but is massive, very fine/silty and possibly shell-bearing in submarine deposits.
CLAST FABRIC	Boulders and large cobbles often show "rolling" fabric, $\alpha(t)$ or $\alpha(t)ib$ , when emplaced frontally in isolation. Many large clasts upslope show "sliding" fabric $\alpha(p)$ , but a disorderly "adjustment" fabric predominates; "shear" fabric $\alpha(p)$ often typifies the avalanche's overriding tail, when evolved into a grainflow.	Large clasts mainly aligned downflow, $\alpha(p)$ or $\alpha(p)ib$ , but showing $\alpha(t)$ orientation along the lobe front.	Common "rolling" fabric $\alpha(t)$ in the frontal and top part of the debrisflow head; common "shear" fabric $\alpha(p)$ or $\alpha(p)ib$ in the flow's tail.	Mainly disorderly (chaotic "melt-out" fabric). Boulders and cobbles deposited from turbulent snowflows may have "rolling" fabric $\alpha(t)$ , but the scattered debris is vulnerable to rotation by subsequent avalanches. Dense snowflows and slushflows may create "shear" fabric $\alpha(p)$ , but this loses order during the melt-out.
DEBRIS SOURCE	Weathered bedrock.	Glacial till and valley-side kame terraces.	Glacial till, kame terraces and upper-slope colluvium.	Glacial till and upper slope colluvium, including fresh bedrock. Common slope-soil erosion.

Figur 1: Figuren er en av få beskrivelser av sedimentologiske karakteristikk av ulike skredtyper i Norge, studie fra Blikra og Nemeç (1998). Denne studien brukes som standard i Norge, men den fokuserer mer på stratigrafi enn parametere som er knyttet til kartlegging av komplekse vifter.

Prosjektets opprinnelige mål var å prøve å skille mellom skredavsetninger fra sørpeskred og flomskred. Et annet mål var å skille generelt vannmettede skredavsetninger fra tørrere snøskred og steinsprang. Siden skredavsetninger endrer seg over tid og fort blir dekket med vegetasjon, ble det vesentlig å fange skredhendelser i sanntid med monitoreringskamera og sammenligne med avsetningene på samme sted.

I tillegg var det et delmål å tilpasse SOSI-standard for kvartærgeologiske kart for å kunne kartfeste og kommunisere spesifikke skredtyper som ikke var i standarden (primært sørpeskred).

I løpe av de 4 årene som prosjektet har pågått har det ikke inntruffet noen sørpeskredhendelser på de monitorerte viftene. Fokuset har derfor måtte snevres inn til kun å dekke snøskred og flomskred.

## 1.2 Masteroppgave

Da prosjektet hadde begrenset timebudsjett ble det besluttet å inkludere en masterstudent for å få mest mulig kartleggingsdata. Kenneth Mangersnes (Universitetet i Bergen, UIB) startet på masteroppgaven våren 2019 og vil levere oppgaven juni 2020 med tittelen: «Kartlegging av komplekse skredvifter ved Snøva og Ottem, Sunndal kommune, Møre og Romsdal». Oppgaven ser nærmere på følgende problemstilling:

- I. Kan en kombinert analyse av overflatemorfologi, sedimentologi og stratigrafi brukes for å skille avsetninger fra ulike skredprosesser på de samme viftesystemene?



- II. Kan disse analysene, sammen med radiokarbondateringer, benyttes til å studere variasjoner i aktivitet og prosesser over tid?

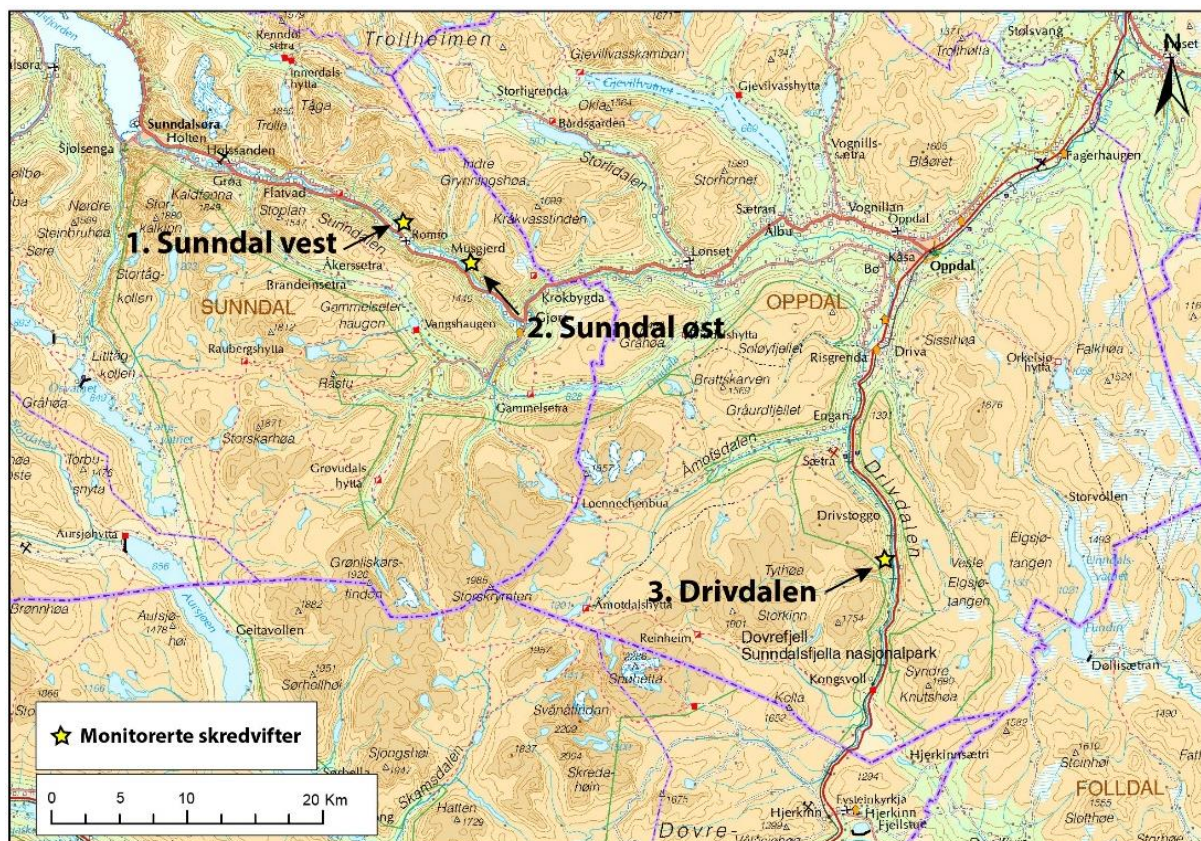
Mangersnes (2020) har bidratt til prosjektet med ytterligere kartlegging av overflatemorfologi og overflatesedimentologi, samt logget naturlige snitt etter standardisert sedimentologisk metodikk. Studenten har laget kvartærgeologisk kart over Sunndal vest og øst med veiledning fra NGU (Sandøy og Rubensdotter). Foreløpige resultater fra masteroppgaven gjenfinnes flere steder i denne rapporten og i vedlegg 2 til 4.

### 1.3 Studieområde

Totalt tre viftesystemer er studert i prosjektet (Figur 2), hvor to befinner seg i Sunndalen (Sunndal kommune, Møre og Romsdal) og en er lokalisert i Drivdalen (Oppdal Kommune, Trøndelag). Oversiktsbilde og lidardata over hvert enkelt område er gitt under:

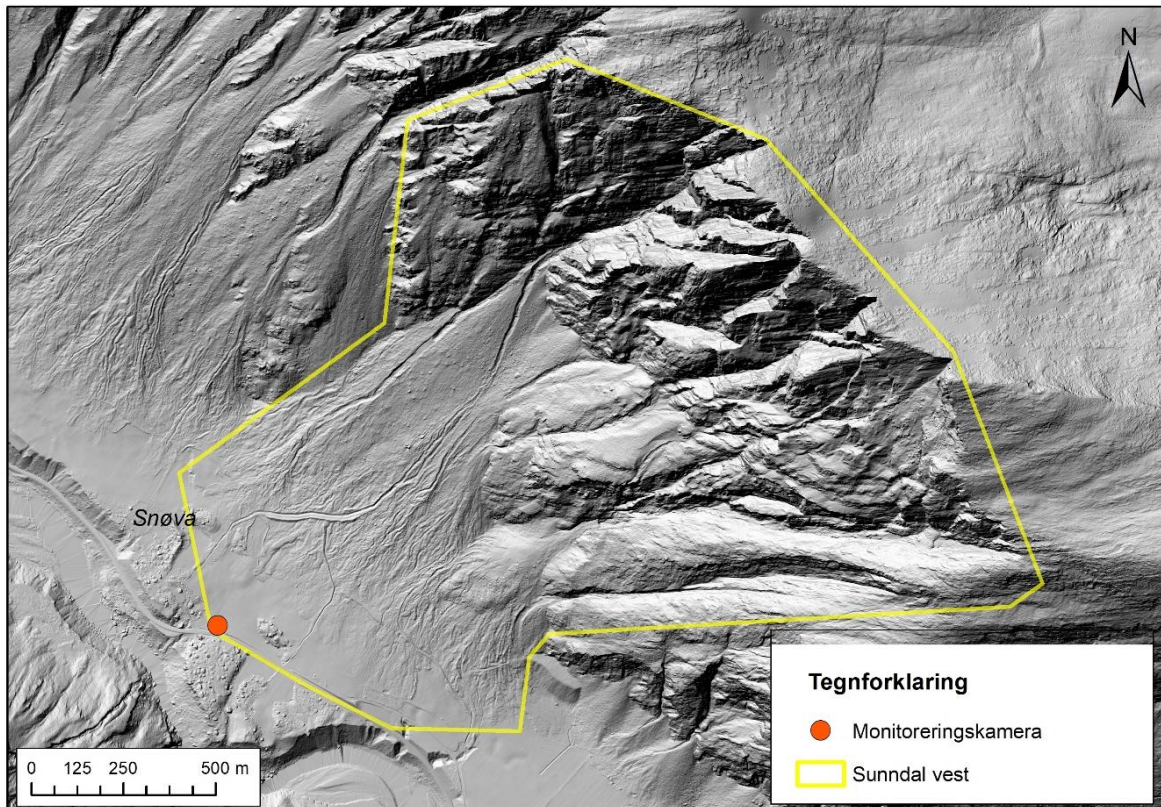
1. Sunndal vest (Figur 3 og Figur 4)
2. Sunndal øst (Figur 5 og Figur 6)
3. Drivdalen (Figur 7 og Figur 8)

Grunnen til at vi valgte disse viftesystemene er at alle har spor etter nylige vannmettede skred og egnet seg til kameramonitorering. I tillegg har områdene potensielle løснеområder for flomskred, sørpeskred og snøskred (se helningskart vedlegg 1). Et annet viktig kriterium var at områdene skulle være lett tilgjengelig fra Trondheim og ha relativ kort avstand fra mellom seg.

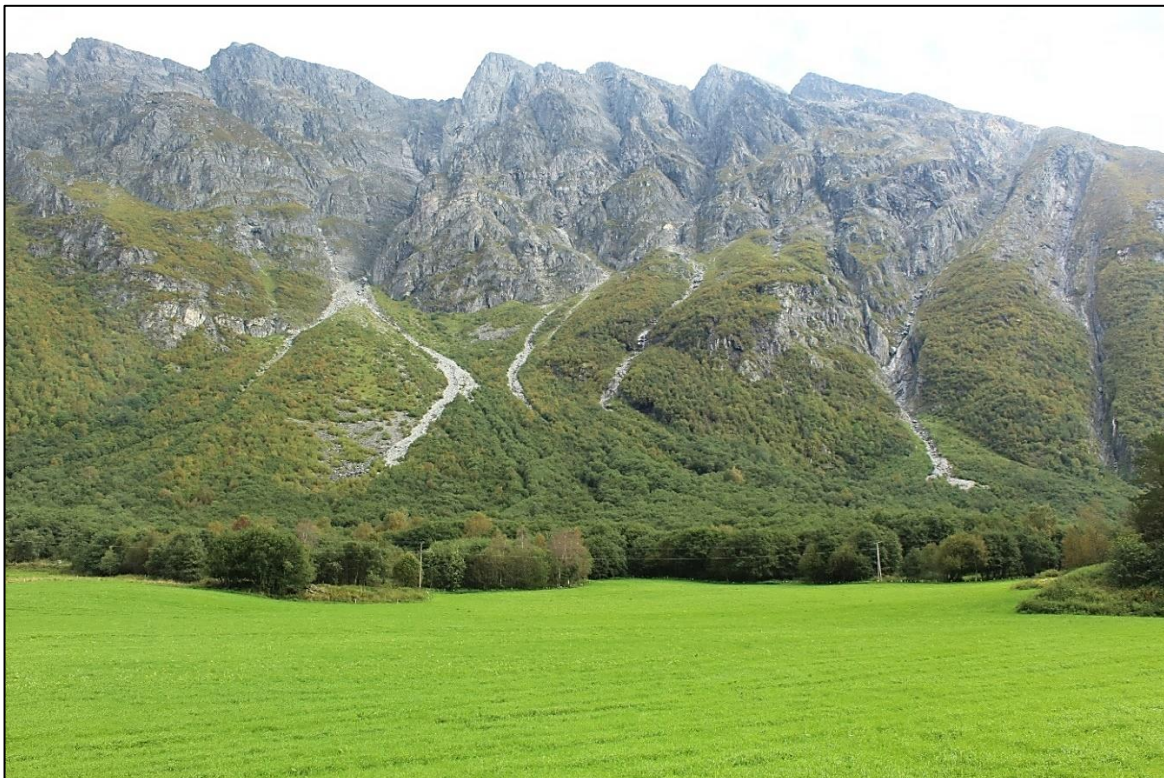


Figur 2: Oversikt over monitorerte skredvifter i prosjektet: Sunndal vest, Sunndal øst og Drivdalen.



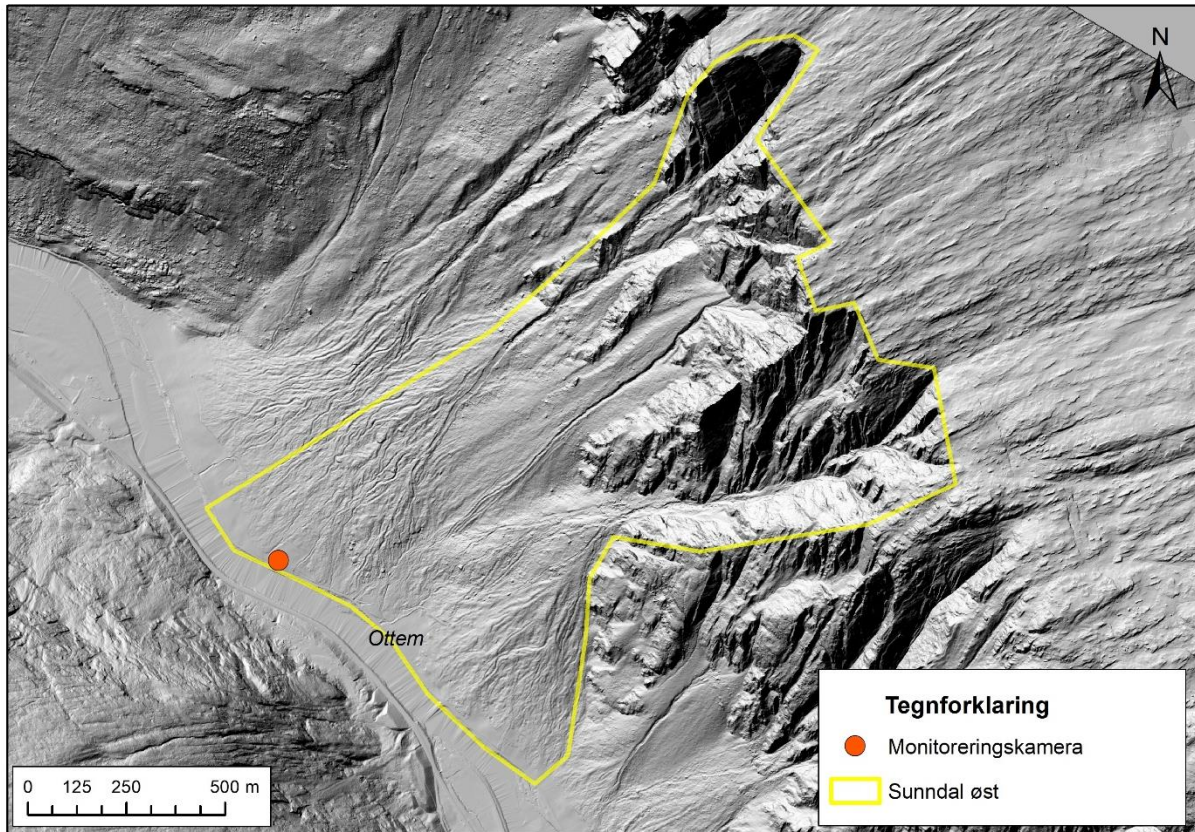


Figur 3: Plassering av monitoreringskamera ved Sunndal vest (ved Snøva, Sunndal kommune). Bakgrunnsdata er skyggekart (315 innlysningsvinkel) basert på 1m DEM fra 2013. Gul linje viser utbredelsen til kildeområdet og utløpsområdet til det studerte viftesystemet. Se vedlegg 1 for helningskart.



Figur 4: Eksempel på foto fra monitoreringskameraet ved Sunndal vest.



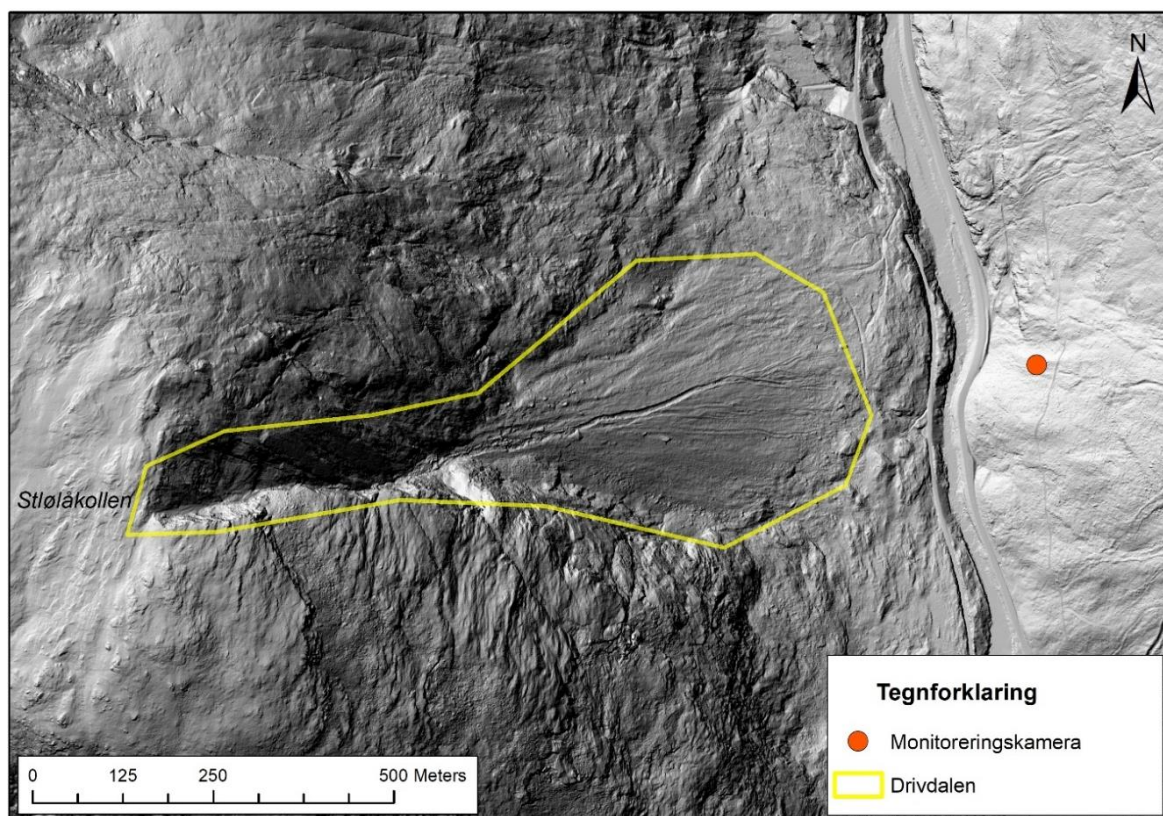


Figur 5: Plassering av monitoreringskamera ved Sunndal øst (ved Ottem, Sunndal kommune). Bakgrunnsdata er skyggekart (315 innlysningsvinkel) basert på 1m DEM fra 2013. Gul linje viser utbredelsen til kildeområdet og utløpsområdet til det studerte viftesystemet. Se vedlegg 1 for helningskart.



Figur 6: Eksempel på foto fra monitoreringskameraet ved Sunndal øst.





Figur 7: Plassering av monitoreringskamera ved Drivdalen (ved Stølåkollen, Oppdal kommune). Bakgrunnsdata er skyggekart (315 innlysningsvinkel) basert på 0,5m DEM fra 2016. Gul linje utbredelsen til kildeområdet og utløpsområdet til det studerte viftesystemet. Se vedlegg 1 for helningskart.



Figur 8: Eksempel på foto fra monitoreringskameraet ved Drivdalen.

## 1.4 Grunnlagsdata

Data som er brukt i rapporten er oppsummert i Tabell 1:

Tabell 1: Oversikt over grunnlagsdata brukt i rapporten.

Data	Beskrivelse
Monitoreringsbilder (NGU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Overvåkning av studieområdene ved hjelp av automatisk foto (totalt 6 per dag).</li><li>• Totalt 39 622 bilder (fra 14.september 2016 til 26.september 2019), Sunndal vest: 13 018, Sunndal øst: 13 302, Drivdalen: 13 302</li></ul>
Lidardata (Kartverket)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sunndal vest og øst: Sunndal 2013 (1m)</li><li>• Drivdalen: Oppdal 2011 (1m), Oppdal 2016 (0.5m)</li></ul>
Flybilder (Norge i bilder)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sunndal vest og øst: Nettet og Sunndalen 2017, Sunndal 2014, Møre 2013, Sunndal 2010, Møre fjell 2006, Sunndal 2004, Sunndal 1971</li><li>• Drivdalen: Oppdal 2019, Oppdal 2014, Hedmark Nord 2009, Oppdal 2008, Oppdal 2002, Oppdal 1958</li></ul>
Fotogrammetri (NGU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dronebilder: Utvalgte deler for Sunndal vest (2017), Sunndal øst (2017) og Drivdalen (2019).</li><li>• Helikopterbilde*: Sunndal vest (2016) og Sunndal øst (2016)</li></ul>
Gigapixel-foto (NGU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Drivdalen: oversiktsbilde av skredvifte (2018)</li><li>• Sunndal vest: Oversiktsbilde av området berørt av flomskredhendelsene (2019)</li></ul>

\*Oversiktsbilder tatt fra helikopter i forbindelse med kartlegging av et annet prosjekt.



## 2. METODIKK

Under følger en detaljert beskrivelse av hver enkel analysemetode benyttet i rapporten.

### 2.1 Sammenligning av eksisterende ortofoto

Alle tilgjengelige flybilder fra Norgebilder er sammenlignet i ArcMap for å dokumentere tidligere skredhendelser. Siden bildene er tatt sommerstid er det primært jordskred/flomskred og steinsprang/steinskred som kan kartlegges. Henviser til Tabell 1 for oversikt over data benyttet i studien. Alle nye synlige skred fra de ulike flybildene ble registrert. Skredene som er kartlagt er datert etter det første bilde det er synlig, men dette representerer ikke nødvendigvis år for skredhendelsen.

### 2.2 Monitoreringssystem

#### 2.2.1 Teknisk beskrivelse

Det ble anskaffet totalt 3 monitoreringssystem fra Harbontronics fra USA. Systemet består av et vanntett kamerahus med to batteri (14.8V) og en kontroller. Kamerahuset er koblet til et solcellepanel (20 Watt) (Figur 9), som har gitt tilstrekkelig med strøm til å drive kamera i programmert modus. For dette prosjektet har vi benyttet ett speilreflekskamera Canon 1200D (Sunndal vest) og to Canon 750D (Sunndal øst og Drivdalen), begge med medfølgende 18-55 mm linse. Kamerainnstillingene inkludert fokus ble stilt inn manuelt under normale lysforhold og låst, men med auto ISO. Bilden ble lagret som både CR2 og JPG-filer. Systemet ble montert fast på telestolper ved bruk av stropper. Gjennom programvare fra Harbontronics ble kontrolleren programmert til å ta bilder systematisk, totalt 6 per dag (kl. 1.00, 5.00, 9.00, 13.00, 17.00, 21.00 NMT). Da systemet ble satt opp ble Sunndal vest feilprogrammert og derfor er totale antall bilder noe mindre enn for Sunndal øst og Drivdalen (13 018 kontra 13 302, Tabell 1). Systemet ble minimum vedlikeholdt 2 ganger løpet av året for å skifte minnekort (65 GB) og gjøre nødvendig vedlikehold.





Figur 9: Eksempel av innstallert monitoringsystemet, foto fra Sunndal vest.

### 2.2.2 Analyse av monitoreringsbilder

Alle bildene er manuelt gjennomgått og evt. skredhendelser er registrert i database i programvaren ArcMap. Omtrentlig avgrensning til skredene og skredtyper er spesifisert. Siden kamera har fotografert døgnet rundt, varierer det i løpet av året hvor mange foto som er tatt i dagslys. På vinteren betyr dette at det i lange perioder var kun 2-3 bilder per dag som kunne brukes for analyse. Ved snøstorm, lave skyer og kraftig nedbør er kvaliteten på bildene redusert, men det er få bilder på rekker med den typen problemer.

I starten av prosjektet ble analysen av bildene gjennomført med bruk av en detaljert inndeling på snøskred:

- **Snøskred (tørr)**
- **Snøskred (tørr, iblandet jord)**
- **Snøskred (våt)**
- **Snøskred (våt, iblandet jord)**
- Sørpeskred
- Flomskred
- Jordskred
- Steinsprang
- Steinskred

Underveis i prosjektet viste det seg at det var for usikkert og tidskrevende å prøve å skille mellom tørre og våte snøskred ved å kun bruke monitoreringsbildene. Grunnet til dette er at snøskredbildene har for dårlig oppløsning for å sikkert kunne identifisere detaljene. I tillegg gjør lysforholdene det vanskelig å oppdage alle nye snøskred, spesielt i bilder fra solrike

dager. Snøskred presentert i rapporten er derfor ikke videre inndelt etter type, men kun definert som «snøskred». Monitoreringen i prosjektperioden var meget vellykket og kameraene opererte gjennom hele prosjektperioden uten feil. Det har resultert i en meget stor mengde bilder (totalt 39 622). Totalt sett bedømmes det at resultatet er veldig gode for heldekkende monitorering av viftesystemene.

## 2.3 Feltarbeid

Under følger beskrivelse av hver enkel metodikk brukt under feltarbeid. Lengden av feltarbeid har variert fra dagsturer til flere dager. Detaljert kartlegging av sedimentologien og morfologien har blitt utført mellom mai og november, avhengig av skredfare og vegetasjon, mens vedlikehold av kamera ble gjennomført året rundt. Totalt sett ble viftesystemene besøkt minimum 3 ganger per år.

### 2.3.1 Registrering av overflatesedimentologi i observasjonspunkter

Overflatesedimentologien til karakteristiske deler av viftesystemene er systematisk kartlagt i felt ved å dokumentere observasjonspunkter med foto av 1x1m firkanter og oversiktsbilder. Målet var å bruke en relativt objektiv metode for å kunne skille ulike skredavsetninger, fra små til store kornstørrelser (Figur 10). Samme metodikk har blitt brukt i andre studier, for eksempel ved å dokumentere endringer av sorterte strandsedimenter på Svalbard (Zagórski mfl., 2019). I tillegg er metodikken vanlig ved mikroskopering.

Utvalg av observasjonspunkter ble gjort med hensyn til at de skulle representere alle morfologiske avsetningstyper observert ved fjernanalyse og i felt. Dette har resultert i varierende tetthet av punkter styrt av variabiliteten av viftene. Det er i felt etterstrebet å ha identisk oppsett til firkantene med målestokker og feltbok for skala (plassert i øvre hjørne mot viftens apex), men varierer noe grunnet overflatens kompleksitet.

Observasjonspunkter er kun dokumentert i områder der avsetningene var tilstrekkelig synlig (lite vegetasjon) og tilgjengelig til fots. Dette betyr blant annet at det ikke var mulig å utføre arbeid i tett skogsområder som var påvirket av snøskred grunnet at skogen var ugjennomtrengelig.

Det ble i felt beskrevet observasjoner av:

- Kornstørrelse: en grov inndeling av blokk, stein og grus. Sand og finere benevnes finstoff i studien.
- Mold: jord med høyt innhold av organisk materiale.
- Imbrikasjon: partikler som er oppskjøvet mot hverandre grunnet trykkforhold i skredmassen. Denne oppskyvingen resulterer i «lenende» rekker av partikler i skredets bevegelsesretning.
- Åpent rammeverk, også kalt openwork fabric eller texture (Blikra og Nemeč, 1998): Grovere partikler som er i direkte kontakt med hverandre med hulrom mellom partiklene. Eksempel på dette ses ofte i steinsprangavsetninger.



Figur 10: Eksempel på observasjonspunkter fra feltarbeidet.

### 2.3.2 Registrering av overflatemorfologi

Både små og store landformer i terrenget er viktige for å kunne si noe om skredhistorikk. Ved å studere terrengets geomorfologi er det mulig å forklare landformer basert på prosesser. Det er det viktig blant annet å skille på former knyttet til rennende vann, breer, frost og skredprosesser.

Overflatemorfologien ble studert i felt i kombinasjon med skyggekart, og observasjonene er benyttet videre for å studere stor-morfologien til viftesystemene. Det ble undersøkt spor etter:

- Nedskårede kanaler
- Rygger på sidene av kanaler (levéer)
- Konvekse former (lober)
- Tungeformer med utflatet langsprofil
- Overflatens ruhet (eksempel: overflaten er jevnt hellende og glatt, eller preget av undulerende former).
- Utvikset/utydlig overflatemorfologi (eksempel: levéer som er noe erodert på toppen gjennom snøskrederosjon).

### 2.3.3 Bakkebasert lidarskanning

Bakkebasert laserskanning er forsøkt på alle 3 studieområdene. Sunndal vest og øst viste seg å ikke være egnet for laserskanning da skredviftene er preget av undulerende skredløp som ikke enkelt kan fanges med lidarskanning fra dalbunnen, samt tett skog gjorde det vanskelig å få tilfredsstillende resultater for videre bruk. På grunn av begrenset resultater for områdene i Sunndalen ble kun systematisk skanning i Drivdalen videreført. Drivdalen var godt egnet pga. at skanningen kunne utføres fra motsatt skrånings og skredviften hadde relativ lite skog. Henviser til NGUs hjemmeside om det ønskes mer detaljer rundt metodikken (<https://www.ngu.no/emne/terrestrisk-laserskanning>).

Årlig skanning ved Drivdalen er utført på høsten fra samme posisjon mellom 2016 til 2019. Punktskyene er svært høyoppløselig og har fra 40 til 80 mm avstand mellom punktene. For å



avdekke morfologiske endringer er punktskyene fra 2016 og 2019 til Drivdalen sammenlignet i programvaren CloudCompare.

#### 2.3.4 Fotogrammetri

Fotogrammetri er kort oppsummert å hente ut 3D informasjon fra bilder ved å måle relativ posisjon av punkter i flere bilder tatt fra ulike posisjoner. Ved hjelp av fotogrammetri har det i prosjektet blitt produsert ortofoto og DEM av utvalgte deler av viftesystemene. Hensikten med dataene var å få høyoppløselig ortofoto som støtte for kartarbeid.

I prosjektet ble en DJI Phantom 4 Pro drone brukt for å samle inn bilder. Selve flygingen (ruten) ble fastsatt ved forhåndsprogrammering, og en konstant flyhøyde på 60 m ble brukt. Flyhøyden ble bestemt ut fra kameraets spesifikasjoner for å få en god nok modell. Optimal avstand mellom punkter og rader ble oppnådd med 20 m mellom punkt (80% overlapp for nadir bilder) og 50 m mellom radene (30% overlapp for nadir bilder). For hvert punkt ble det tatt foto med 90° (nadir) og 45° kameravinkel direkte mot apex. Siden metodikken er avhengig av å ha muligheten å finne identiske punkter på bilder, så ble droneflygning kun utført i områder med lite vegetasjon. I tillegg ble det i forbindelse med et annet prosjekt i Sunndalen tatt skråbilder fra helikopter for Sunndal vest og Sunndal øst til bruk for fotogrammetri.

Foto fra droneflygning og helikopter er prosessert gjennom programvaren Agisoft Metashape.

#### 2.3.5 Høyoppløselige bilder (Gigapixel-foto)

Gigapixel-foto er et høyoppløselig digitalt foto som består av milliarder av piksler. I dette prosjektet er det benyttet speilreflekskamera (Nikon D800 og D810) med 300 mm linse (Nikon AF-S Nikkor 300mm f/4.0D IF-ED) fastmontert på GigaPan Epic Pro-robot, som gjør det mulig å ta flere hundre foto for senere å sette de sammen til ett bilde hvor man kan zoome inn på områder med svært høy oppløsning. Henviser til [www.gigapan.com](http://www.gigapan.com) for teknisk beskrivelse.

Fotoene er satt sammen ved hjelp av programvaren AutoPano Giga. Gigapixel-foto ble så tatt inn i ArcMap for å støtte kartleggingen av overflatesedimentologien og morfologien.

#### 2.3.6 Radiokarbondatering (14C-datering)

For å kunne bestemme alderen på skredavsetninger er det utført analyser ved hjelp av radiokarbondatering. På grunn av begrensninger for budsjett ble det kun sendt inn prøver på en lokalitet ved Sunndal øst (totalt 4 prøver av torv og kull). NGU og masterstudent (Kenneth Mangersnes) tok prøvene sammen, men prøvene er bearbeidet av masterstudent og analysert ved Poznań Radiocarbon Laboratory (Polen).

For ytterlige detaljer rundt metodikken henvises det til NGU rapport «Gol – Utvidelse av skredgeologisk kartleggingsarbeid» (Eilertsen mfl., 2016).





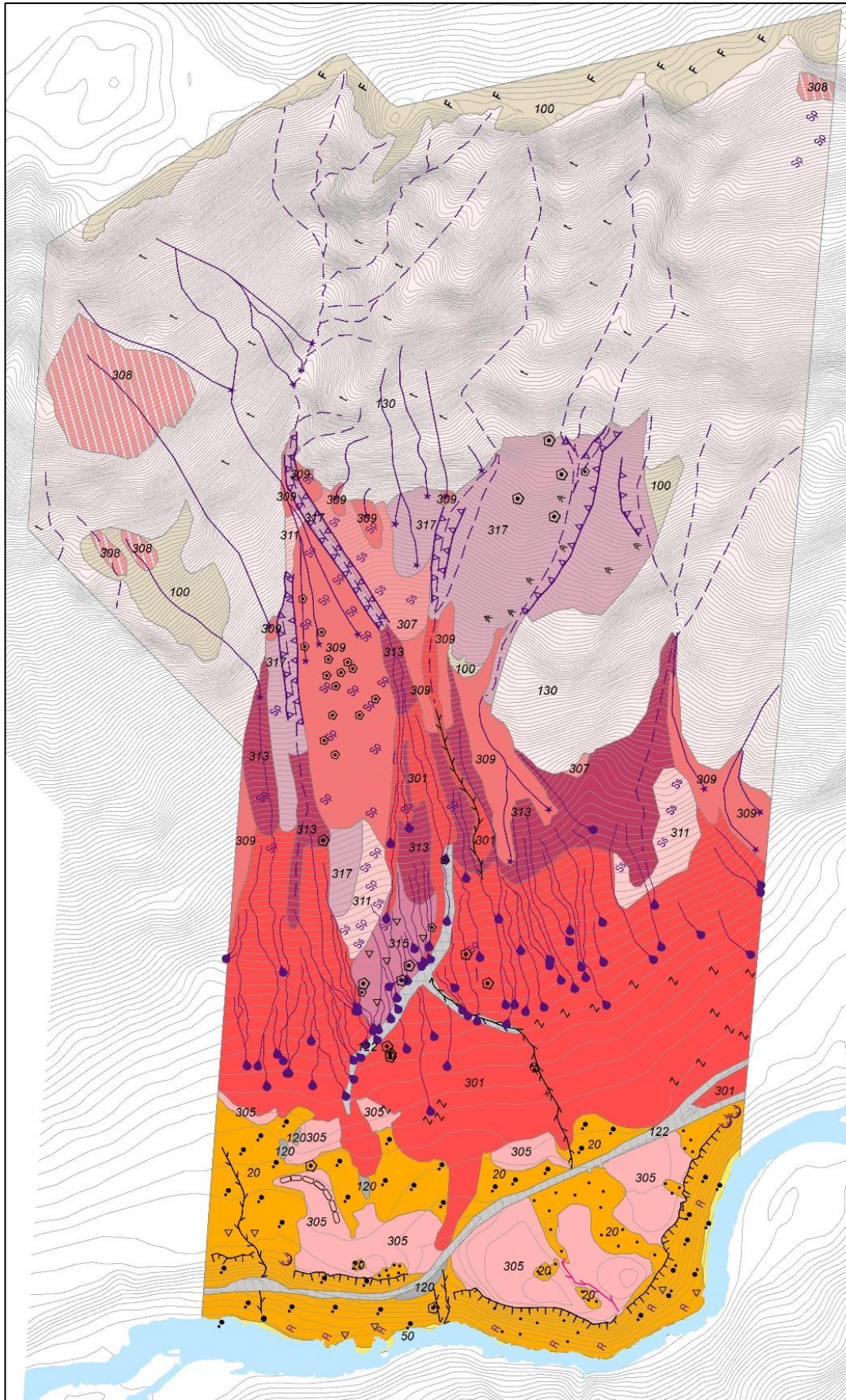
### **3. RESULTATER**

Analysar og resultatlar for dei tre viftesystemene (Sunndal vest, Sunndal øst og Drivdalen) er presenter i denne rekkefølge:

- Foreløpig kvartærgeologisk kart
- Sammenligning av eksisterende ortofoto (hendelser før prosjektstart)
- Data fra monitoreringen (hendelser etter prosjektstart)
- Kartlegging av overflatemorfologi
- Kartlegging av overflatesedimentologi
- Radiokarbondatering og stratigrafisk tolkning fra masteroppgave (skredfrekvens i et punkt)
- Sammenligning av gjentatte lidarskanninger for Drivdalen

#### **3.1 Foreløpig kvartærgeologisk kart**

De kvartærgeologiske kartene i Sunndal vest og øst er laget av masterstudent Mangersnes (2020), med veiledning av forfatterne. Kartet fra Drivdalen er laget av Gro Sandøy. Se Vedlegg 4 for legende og kart i fullskala. Kartene er utarbeidet etter standarden for detaljert kvartærgeologisk kart (Bergstrøm mfl., 2001; Fredin mfl., 2014) med fokus på skråninger, og følger norsk SOSI-standard for kvartærgeologisk kartlegging i terminologi.



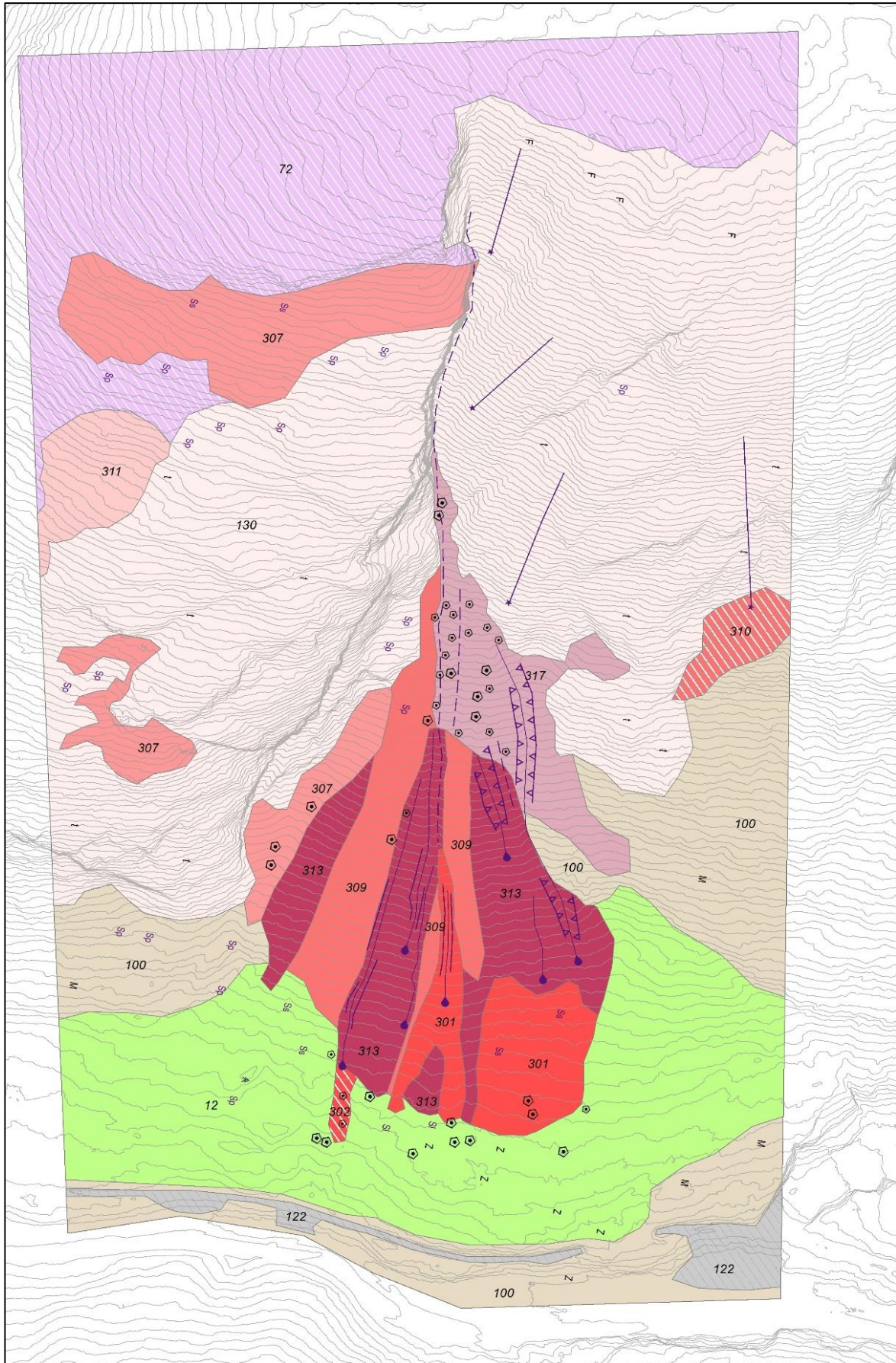
Figur 11: Foreløpig kvartærgeologisk kart av viftesystemet Sunndal vest, laget av masterstudent Mangersnes (2020). Se Vedlegg 4 for kart i fullstendig målestokk og tegnforklaring (1:10 000).





Figur 12: Foreløpig kvartærgeologisk kart av viftesystemet Sunndal øst, laget av masterstudent Mangersnes (2020). Se Vedlegg 4 for kart i fullstendig målestokk (1:10 000).





Figur 13: Utsnitt av foreløpig kvartærgeologisk kart av Drivdalen. Se Vedlegg 4 for kart i fullstendig målestokk (1:5000).

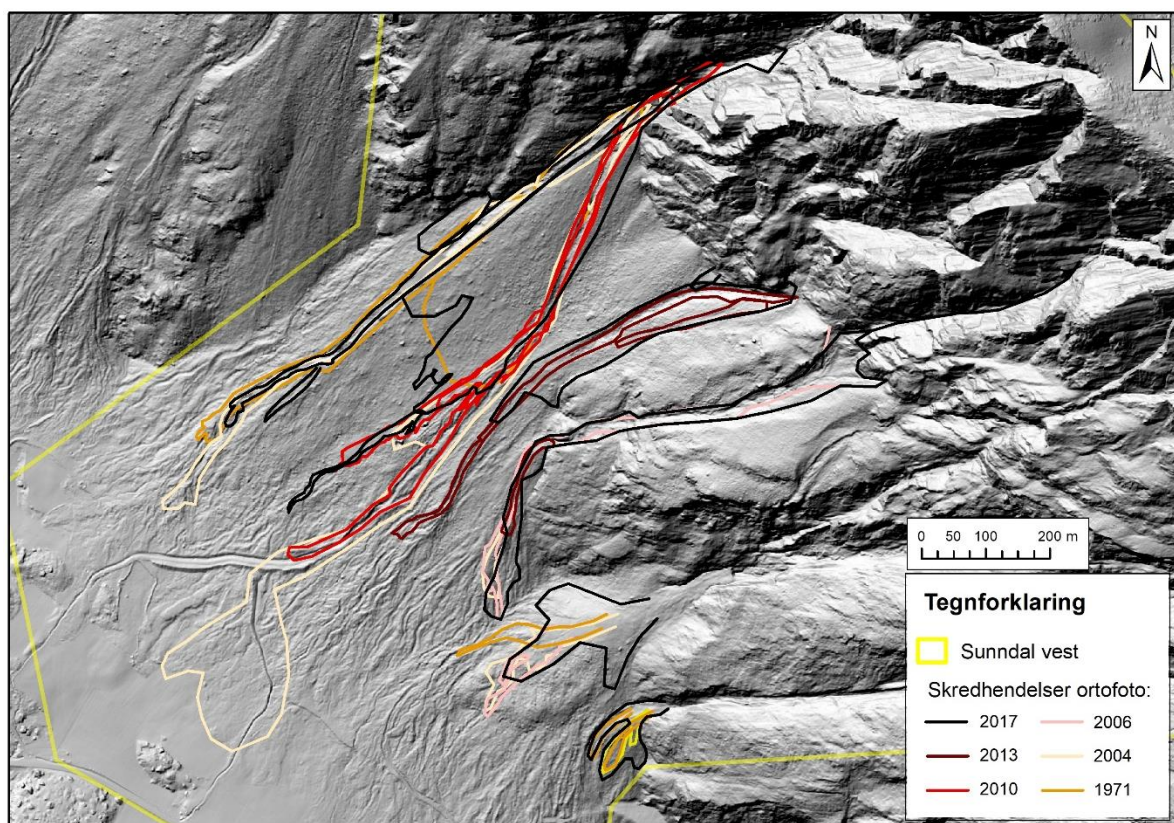


### 3.2 Sammenligning av eksisterende ortofoto

Alle tilgjengelig flybilder fra Norge i bilder er sammenlignet og nye synlige skred er kartlagt i ArcMap (Figur 14 til Figur 16). Skredene som er kartlagt er datert som første bilde det opptrer på, men dette representerer ikke år for skredhendelsen. For eksempel for Drivdalen er det registrert et nytt skred mellom 2014 og 2019 (Figur 16), men dette skjedde før prosjektstart i 2016.

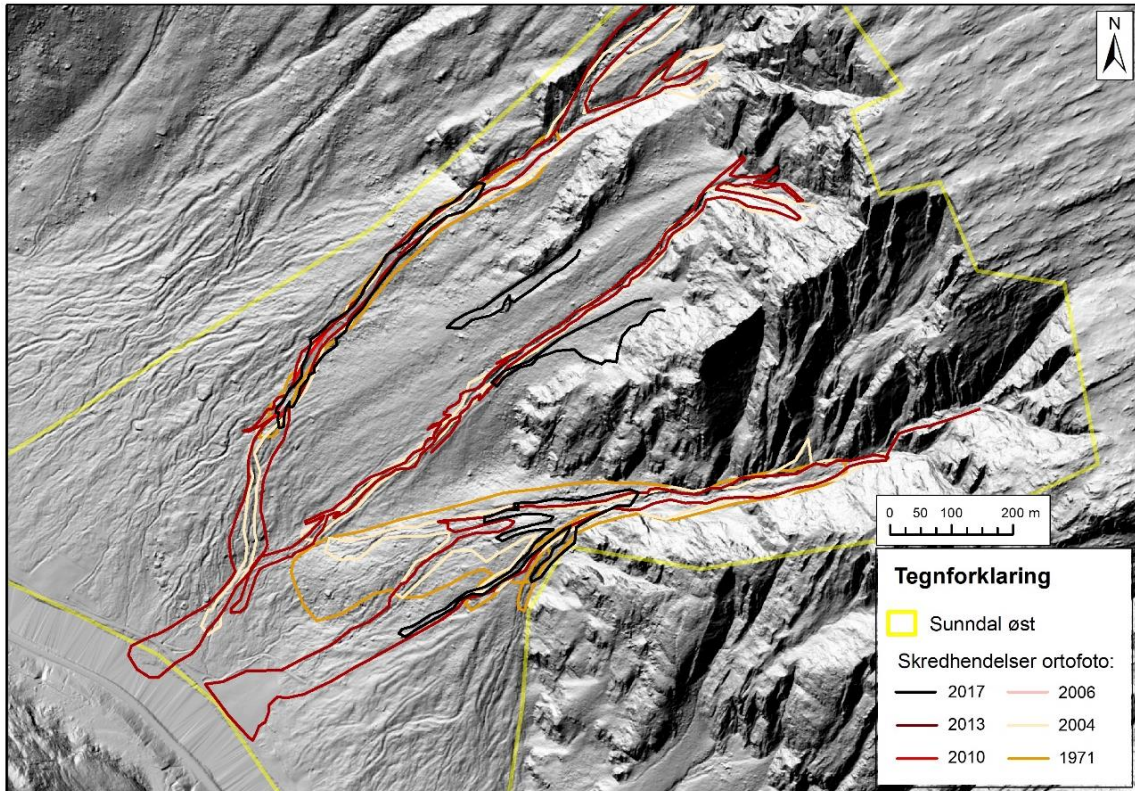
Kartleggingen støtter tolkningen av aktive system og gir en kvantifisering av skredaktiviteten på viftene som ble valgt i prosjektet. Alle viftesystemene viser spor etter gjentatt skredaktivitet siden første ortofoto i 1958 (Drivdalen) og 1971 (Sunddalen vest og øst).

Muntlig informasjon om skredhistorikk finnes presentert i Vedlegg 2.

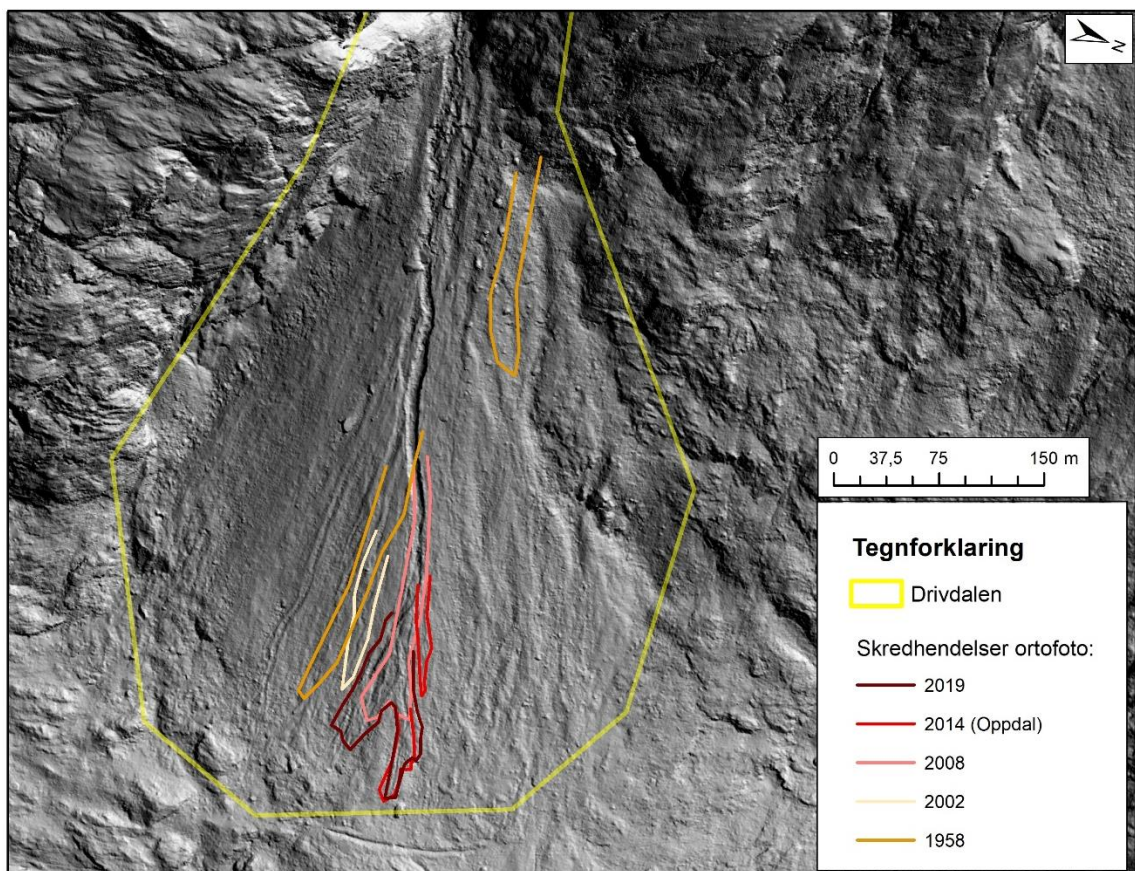


Figur 14: Kartlagte skredhendelser basert på endringer i ortofoto for Sunddal vest. Analyse av masterstudent Kenneth Mangersnes. Vær oppmerksom på at ortofoto fra 2017 er fra april og dermed er spor etter snøskred inkludert.





Figur 15: Kartlagte skredhendelser basert på endringer i ortofoto for Sunndal øst. Analyse av masterstudent Kenneth Mangersnes. Vær oppmerksom på at ortofoto fra 2017 er fra april og dermed er spor etter snøskred inkludert.



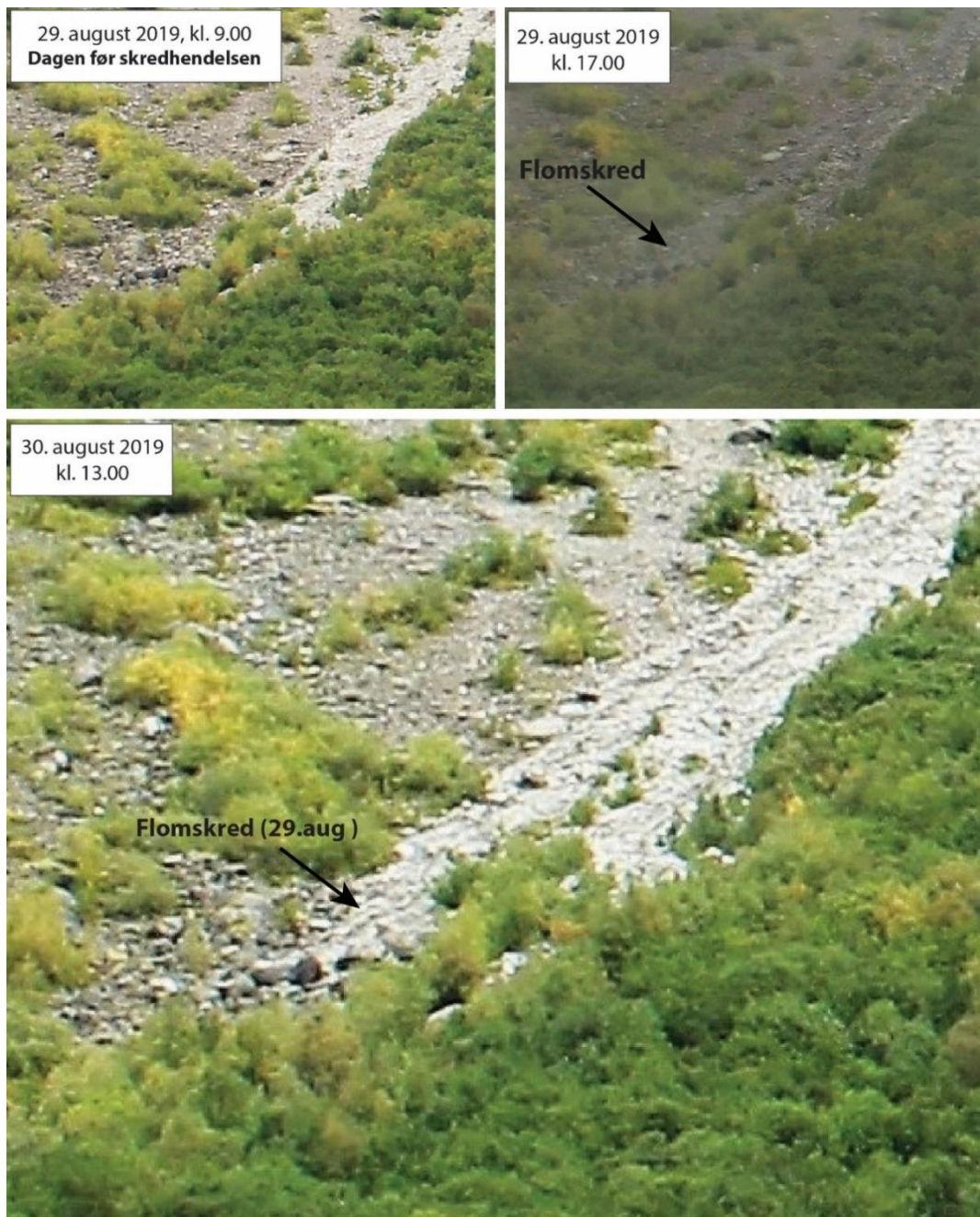
Figur 16. Kartlagte skredhendelser basert på endringer i ortofoto for Drivdalen.



### 3.3 Data fra monitoreringen

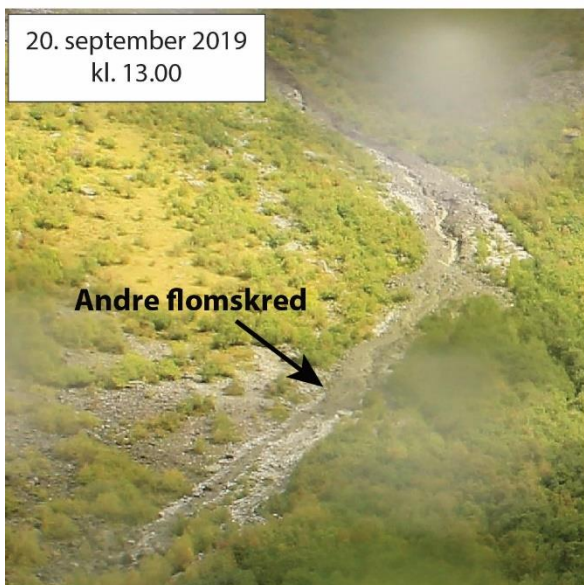
Monitoreringen i prosjektperioden var meget vellykket og kameraene opererte gjennom hele prosjektperioden uten feil. Det har resultert i en meget stor mengde bilder, totalt 39 622 (Tabell 1). Under følger eksempel på flomskred og snøskred som er fanget opp ved hjelp av monitoreringen. Vær oppmerksom på at bildene under er zoomet inn for å få tilstrekkelig oppløsning (se Figur 4, Figur 6 og Figur 8 for oversiktfoto fra monitoreringskameraene).

#### 3.3.1 Eksempel flomskred



Figur 17: Foto som viser før og etter flomskredhendelsen 29.august 2019 mellom kl. 9.00 og 17.00, Sunndal vest.





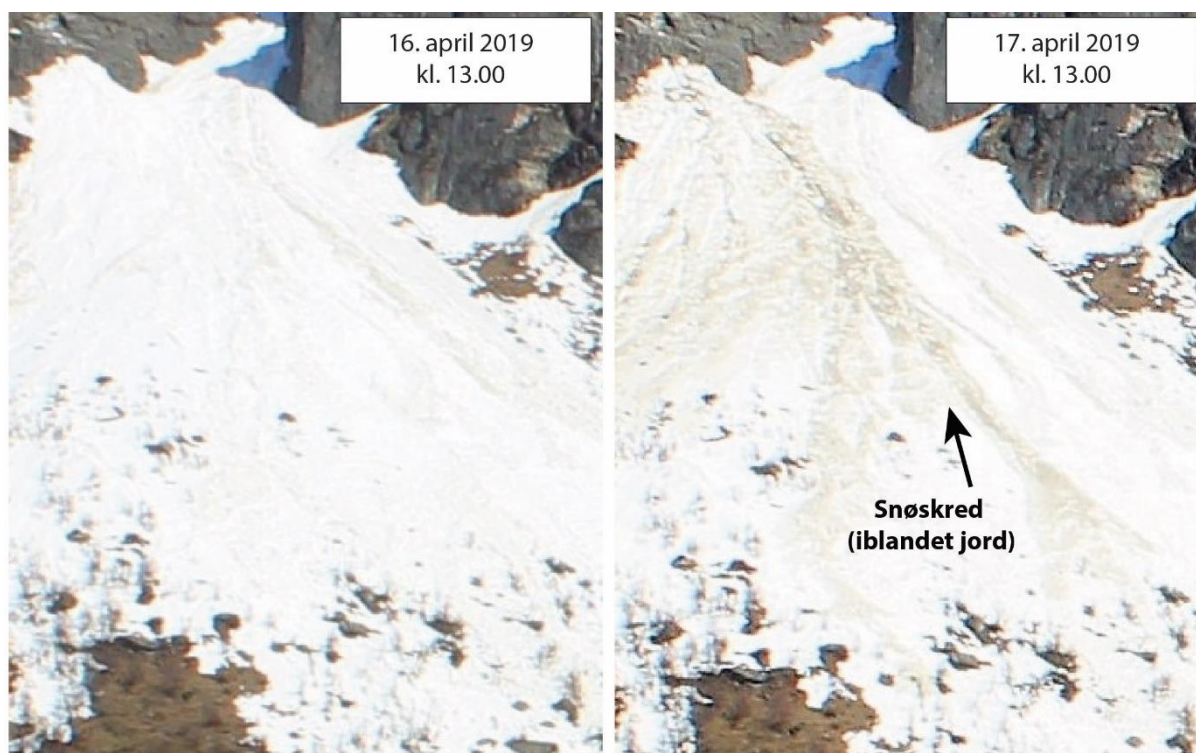
Figur 18: Foto som viser før og etter flomskredhendelsen den 20.september 2019, Sunndal vest. Flomskredene skjedde mellom 19.september kl.9.00 og 20.september kl.13.00. Som vises i figurene over kom flomskredet i flere pulser, og er fanget opp ved ulike kameratidspunkt. Nederst til høyre vises den sekundære fluviale erosjonen som skjedde i det nye flomskredløpet (se fossende bekk ved pilen).



### 3.3.2 Eksempel snøskred



Figur 19: Venstre bilde viser før snøskredet, og høyre etter et stort snøskred iblandet jord fra gjelet. Monitoreringsbilde fra Sunndal vest.



Figur 20: Venstre bilde viser før skredet, og høyre etter et snøskred iblandet jord kommet ned fra øvre venstre hjørne av bildet. Monitoreringsbilde fra Sunndal vest.

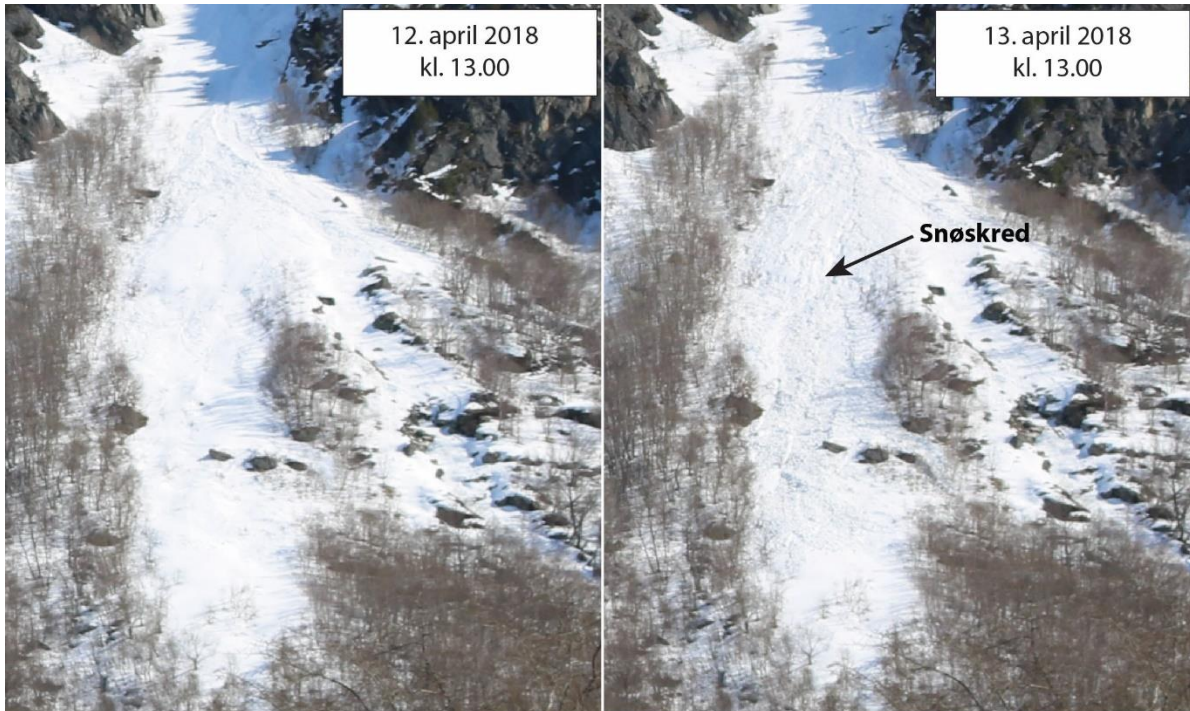


Figur 21: Venstre bilde viser før skredet, og høyre etter et snøskred iblandet jord. Monitoreringsbilde fra Sunndal vest.

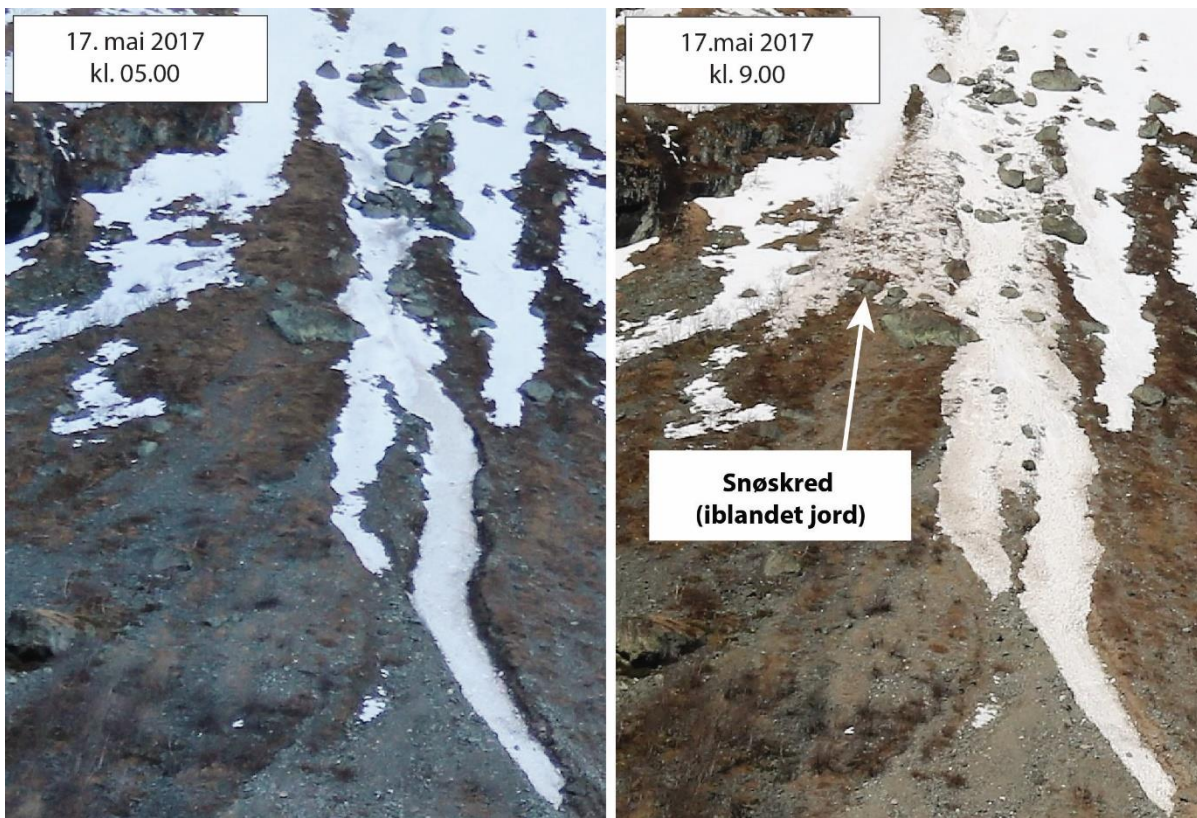


Figur 22: Venstre bilde viser før skredet, og høyre etter et mindre snøskred som følger eksisterende kanal på viften. Monitoreringsbilde fra Sunndal øst.



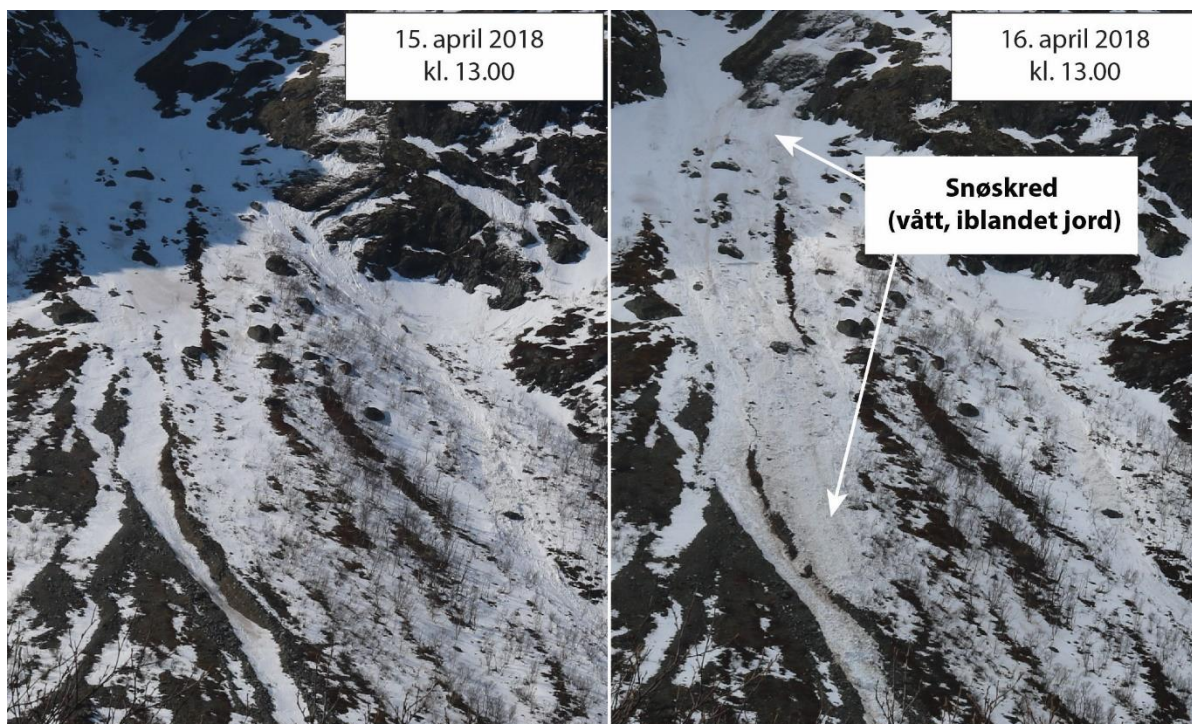


Figur 23: Venstre bilde viser før skredet, og høyre etter et snøskred med lite eller ingen iblandet jord. Monitoreringsbilde fra Sunndal øst.



Figur 24: Venstre bilde viser før skredet, og høyre etter et snøskred iblandet jord. Deler av skredet har fulgt eksisterende kanal, mens deler av snøskredet har gått rett ned på viften. Monitoreringsbilde fra Drivdalen.





Figur 25: Venstre bilde viser før skredet, og høyre etter et vått snøskred iblandet jord. Skredet har kommet ned fra glatt fjell til høyre i bildet. Monitoreringsbilde fra Drivdalen.

### 3.3.3 Oppsummering av registrerte skredhendelser

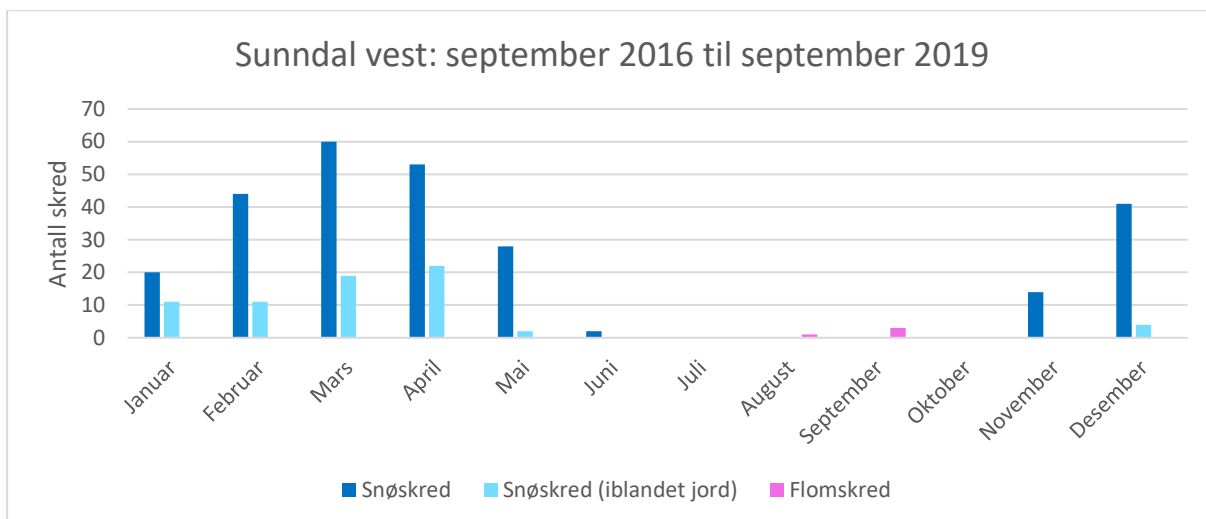
I løpet av prosjektet er det registrert 427 snøskred, 4 flomskred og 1 steinsprang (Tabell 2), hvor Sunndal vest har høyest skredaktivitet. Dataene viser at snøskredsesongen for Sunndal vest og Sunndal øst strekker seg fra november til juni (Figur 26, Figur 28), mens for Drivdalen fra februar til mai (Figur 30). Flomskred er kun registrert ved Sunndal vest, hvor alle skjedde høsten 2019.

Omtrentlig utløp er registrert for hver skredhendelse, se Figur 27, Figur 29 og Figur 31. Presisjonen (feilmargin) av den nedre utløpsgrensen er avhengig av kameraets vinkel til skredet og mengden skog. Vær oppmerksom på at prosjektet startet monitoreringen høsten 2016, dermed er ikke snøskredaktiviteten på nyåret 2016 representert i datasettet.

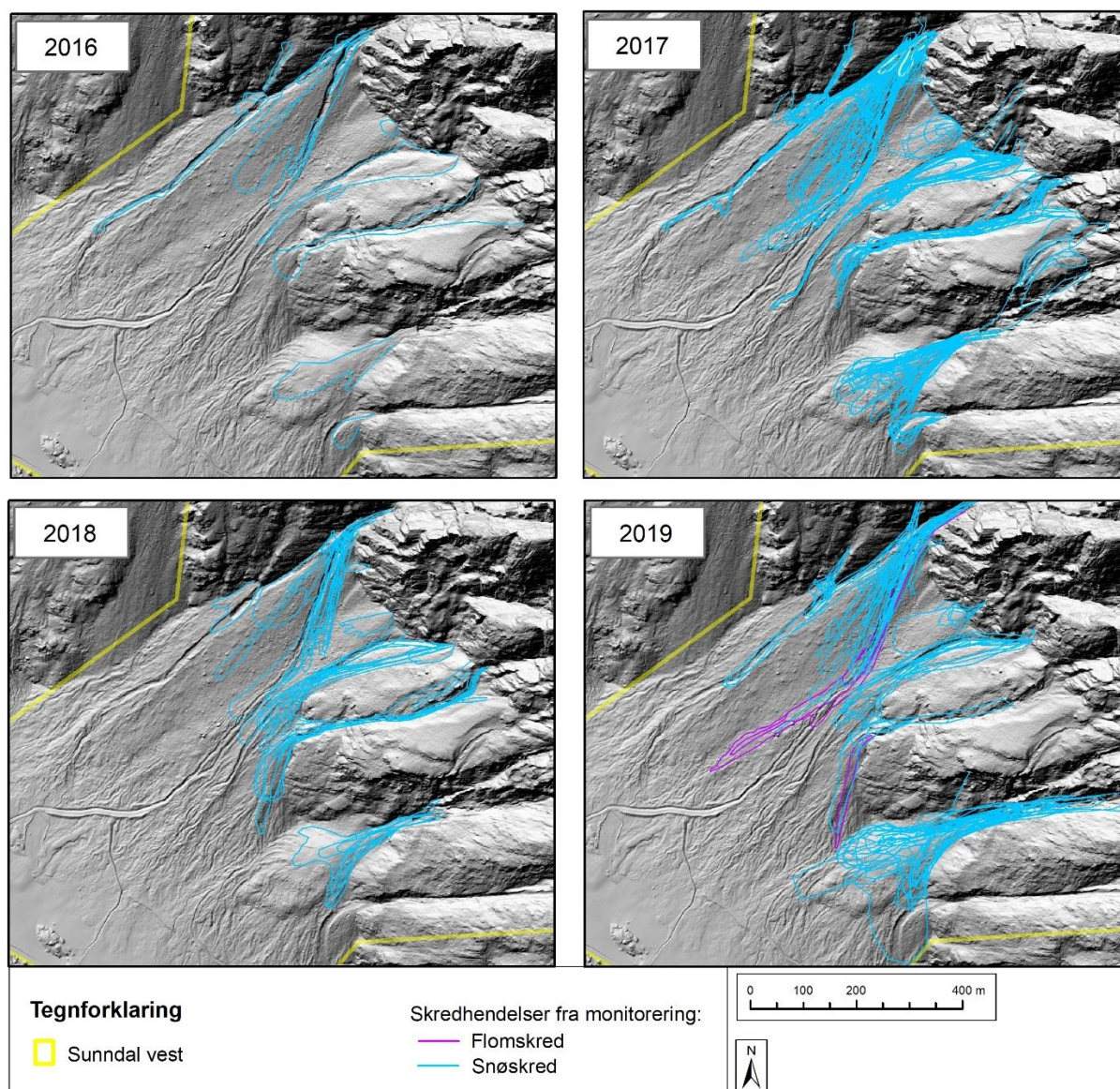
Tabell 2: Oppsummerte resultater fra monitoreringen. Data fra september 2016 til september 2019.

Studieområde:	Skredtype:	2016:	2017:	2018:	2019:	Totalt:
Sunndal Vest	Snøskred	18	187	50	80	335
	Flomskred				4	4
Sunndal Øst	Snøskred	3	16	25	20	64
Drivdalen	Snøskred		17	5	6	28
	Steinsprang		1			1



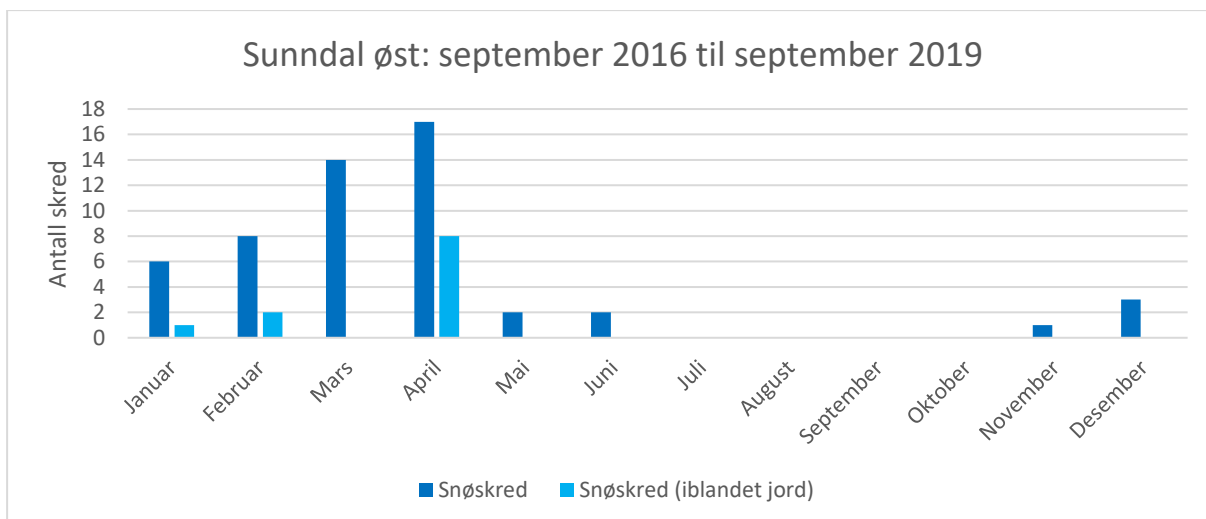


Figur 26: Resultat fra monitoreringen for Sunndal vest, data fra september 2016 til september 2019. Analysen av bildene er gjennom prosjektet utført av tre ulike personer uten helhetlig sidemannskontroll eller sammenligning med klimadata.

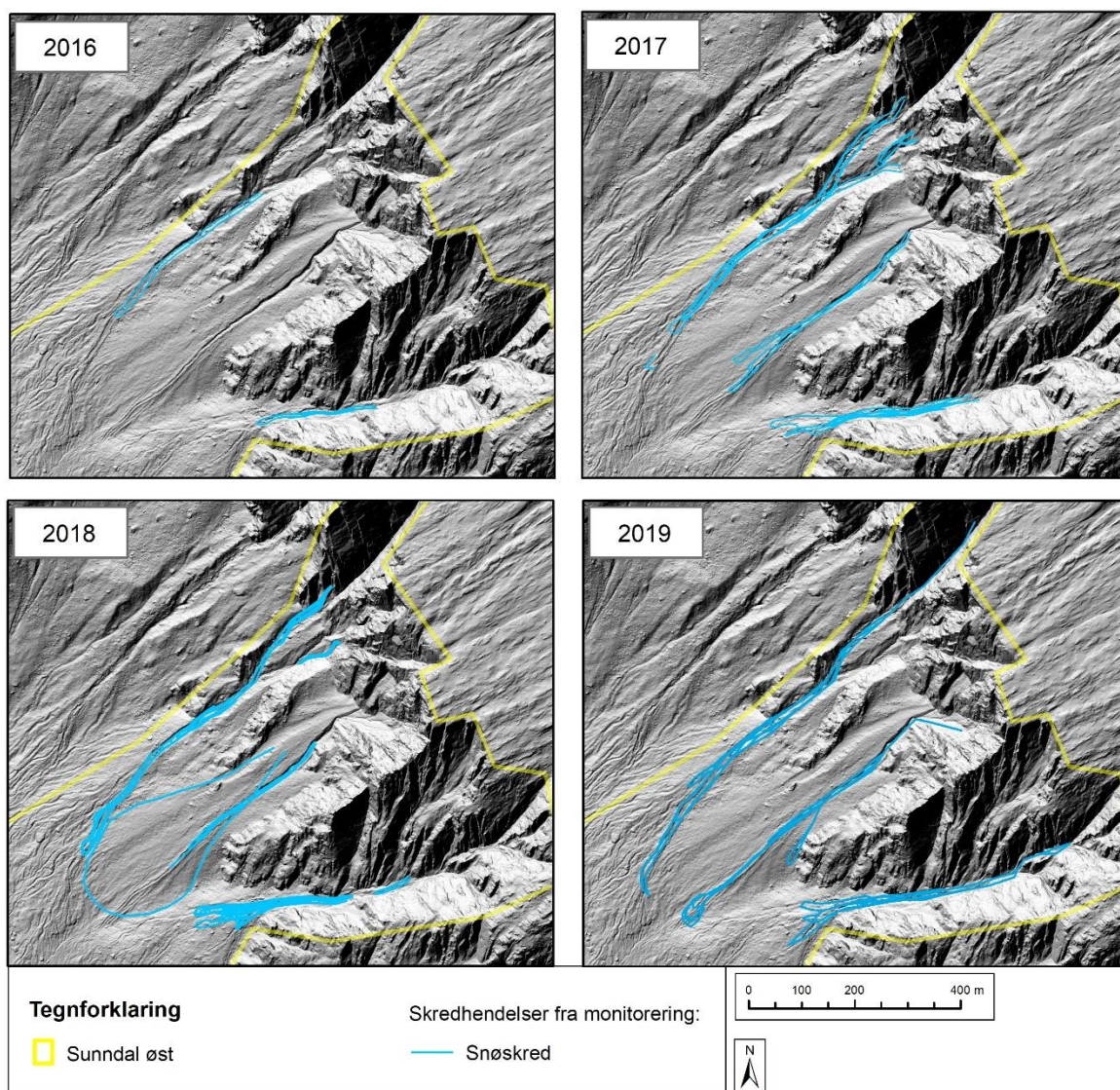


Figur 27: Resultat av registrerte skredhendelser fra monitoreringskameraet Sunndal vest. Analysen av bildene er gjennom prosjektet utført av tre ulike personer uten helhetlig sidemannskontroll eller sammenligning med klimadata.



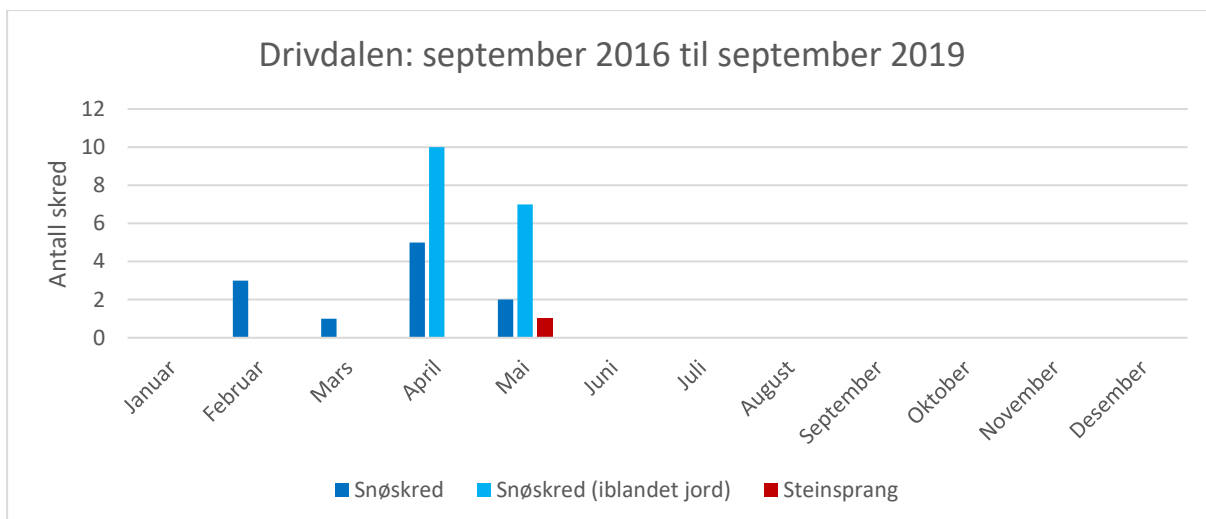


Figur 28: Resultat fra monitoreringen for Sunndal øst, data fra september 2016 til september 2019. Analysen av bildene er gjennom prosjektet utført av tre ulike personer uten helhetlig sidemannskontroll eller sammenligning med klimadata.

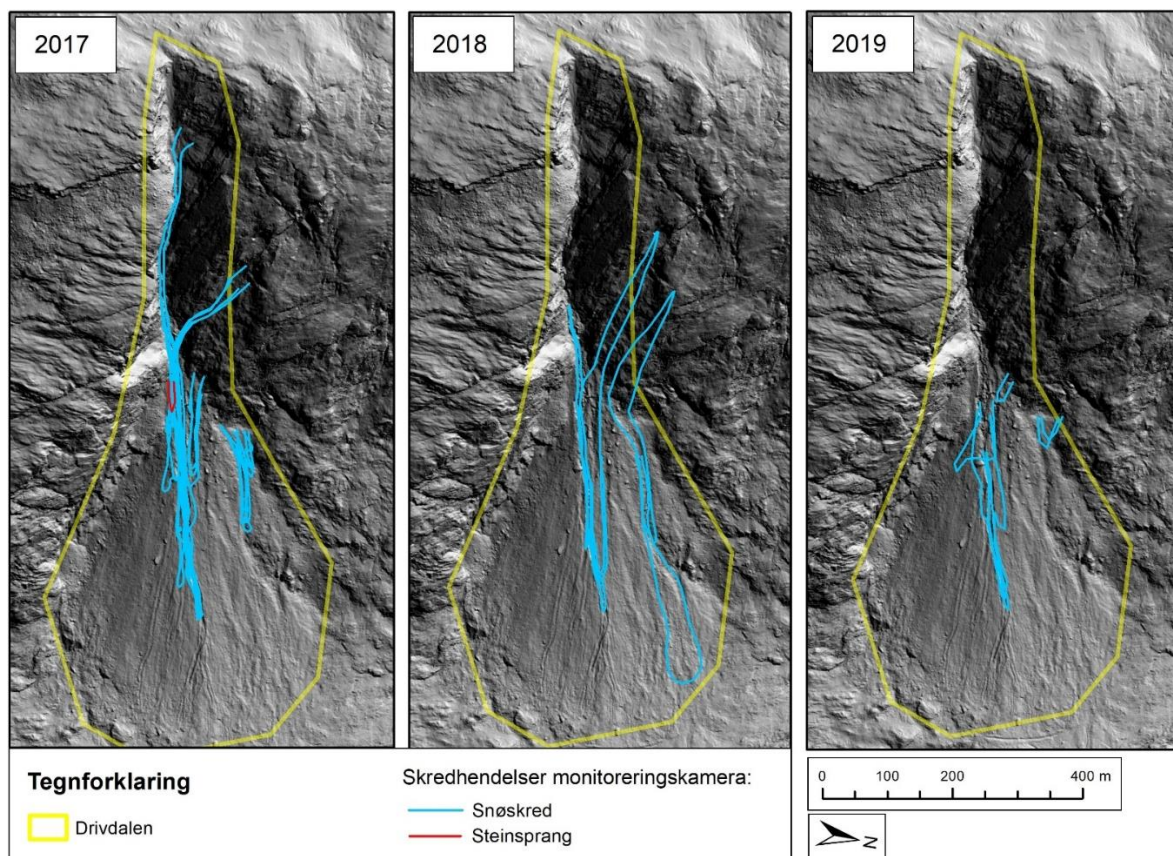


Figur 29: Resultat av registrerte skredhendelser fra monitoreringskameraet Sunndal øst.





Figur 30: Resultat fra monitoreringen for Drivdalen, data fra september 2016 til september 2019. Analysen av bildene er gjennom prosjektet utført av tre ulike personer uten helhetlig sidemannskontroll eller sammenligning med klimadata.



Figur 31: Resultat av registrerte skredhendelser fra monitoreringskameraet Drivdalen.

### 3.4 Kartlegging av overflatemorfologi

Overflatemorfologien for hvert viftesystem er tolket ut fra skyggekart (eks. Figur 32) kombinert med feltobservasjoner (eks. Figur 33, lokalitet 1), vertikalt dronefoto (eks. Figur 33, lokalitet 2a) og avstandsfoto tatt med Gigapixel-foto (eks. Figur 35, lokalitet 9a og 10a).

#### 3.4.1 Sunddal vest

Sunddalen vest består av vertikale fjellsider og mange v-formede innskjæringer i fjellet som til sammen lager et topografisk komplekst kildeområde som knyttes til et komplisert viftesystem. Siden kildeområdet er stort og inneholder områder med ulike helningsgrader (Vedlegg 1), og dermed ulike kildeområder for steinsprang og snøskred, er det logisk at avsetningen blir tilsvarende kompleks (Figur 32, Figur 38).

Kartleggingen viser at det på viften forekommer snøskred-, flomskred-, steinsprang-, steinskred-, og fjellskredavsetninger (Vedlegg 4). Til høyre på viftesystemet er det kartlagt en steinskredavsetning som danner en markant bratt kant i terrenget (hvit stiplet linje ved lokalitet 2, Figur 32). Steinskredavsetningen er delvis dekket med flomskredavsetninger, noe som indikerer at steinskredavsetningene er eldre. Steinskredet har et stort volum og preger derfor stor-skala morfologien, og flomskred er delvis styrt av steinskredavsetningene. I ytterkant av viften og i dalbunnen er det spredte soner med fjellskredavsetninger. Blokkene er delvis begravd i sandig materiale (glasifluvialt). Fjellskredavsetningens form og utspredelse skiller seg ut fra normal morfologi av fjellskred, noe som antyder at avsetningen er avsatt på en bre under siste istid.

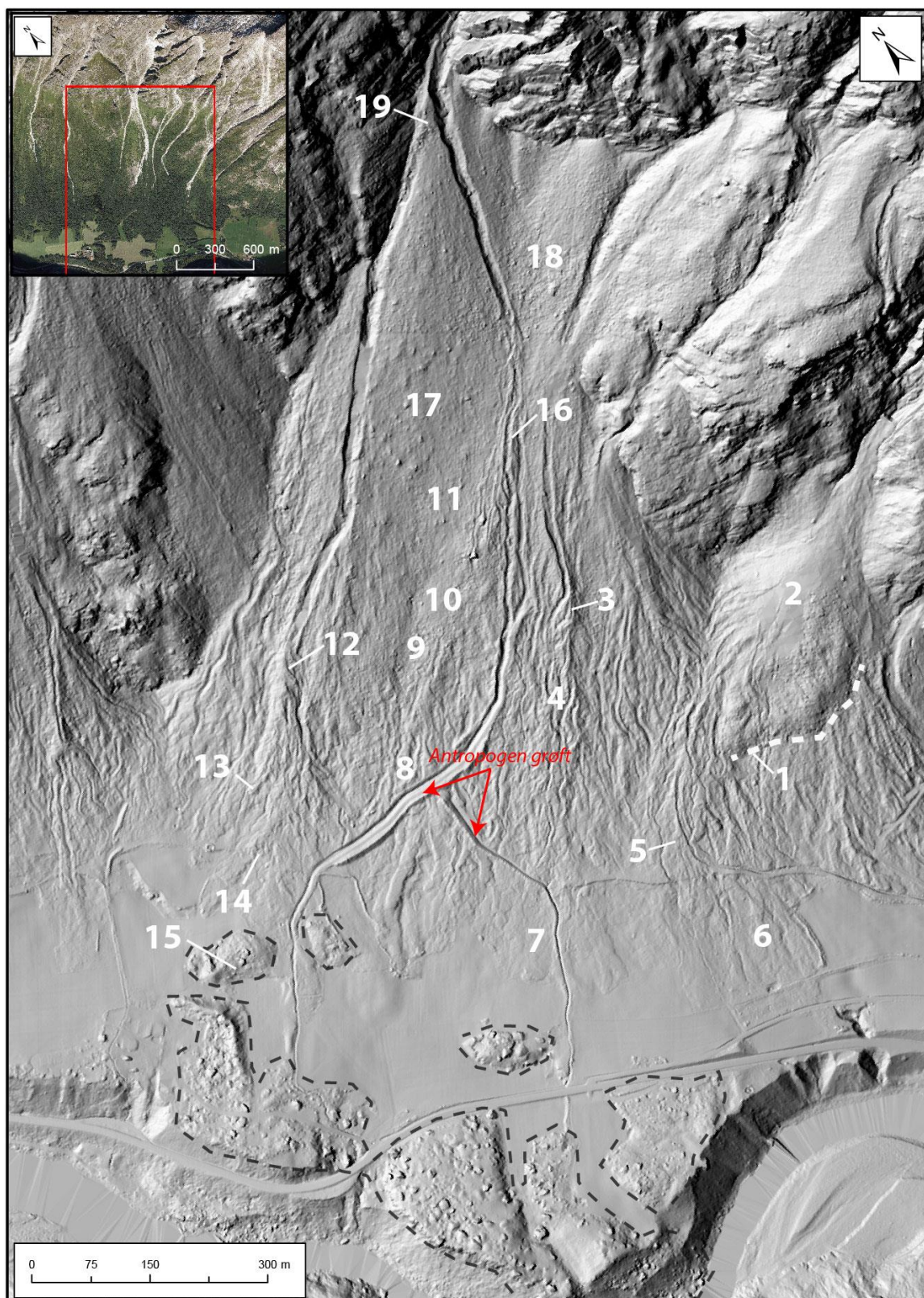
Øvre del av viften er snøskredavsetninger med spredte steinsprangblokker dominerende. Flere flomskredløp har erodert kanaler gjennom snøskred- og steinsprangavsetningene, og leder videre til avsetninger lengre ut på viften. Lengre ned på viften viser landformere derfor dominans av flomskredhendelser, som ses morfologisk som undulerende kanaler, levéer og loper. Helt ytterst på viften minsker levéer og lobeformer til fordel for et mer utflatet morfologisk signatur, hvor vi hovedsakelig finner finkornete flomskredavsetninger.

Spesifikke formelementer for Sunddal vest er:

- Nedskårne skredløp (disse er ofte primært formet av flomskred, men gjenbrukt av snøskred). Eksempel: Eksempel lokalitet 16, Figur 32 og 34.
- Rygger på siden av, og parallelt med, skredløpene, såkalte levéer. Disse kan ha ulike høyde fra dm til flere meter. Størrelsen på levéene er ofte proporsjonal mot bredde og dybde av skredløpet mellom levéene. Eksempel lokalitet 16, Figur 32 og 34.
- Konvekse godt definerte loper i direkte kontakt med levéer og flomskredløp, finnes primært på sentrale delen av viften. Disse konvekse lobene forekommer oftest på de bratte delene av viften. Eksempel lokalitet 3 og 12, Figur 32, 30 og 33.
- Tungeformer med utflatet langsprofil observert i ytterkant av viften hvor det er lavere gradient. Størrelsen varierer fra noen meters bredde og desimeter opp til ca 15 meters bredde og flere meters høyde. Eksempel: lokalitet 7 og 14, Figur 32, 31 og 33.



- Kombinasjonen av levéer, loper og tungeformede avsetninger utgjør en overflatesignatur som er karakteristisk for gjentatte flomskred. Det er vanskelig å skille ut enkelte formelementer i disse områdene. Eksempel: lokalitet 4, 6 og 12, Figur 32.
- Jevnt hellende overflater med spredte stein og blokker av ulike størrelser på overflaten. Disse kan knyttes til utsmelting av snøskredmateriale og inneholder ofte en betydelig mengde organisk materiale. Eksempel lokalitet 17, Figur 32 og 34.
- Soner med store blokker som er markant større enn materialet omkring. Disse sonene har en grov lobeform og tolkes å være dannet av steinskred. Eksempel lokalitet 1 og 19, Figur 32, 30 og 34. Ved lokalitet 1 kan en observere at sekundære flomskred blir styrt rundt blokken.
- Spredte fjellskredavsetninger som er delvis begravd av sandig materiale er kartlagt i dalbunnen. Disse kjennetegnes av konvekse blokkrike hauger med uregelmessig overflate bestående av til dels svære steinblokker. Eksempel lokalitet 15, Figur 32 og 33.



Figur 32: Oversikt over morfologien ved Sunndal vest med skyggekart som base (1m oppløsning DEM fra 2013). Nummerne representerer utvalgte lokaliteter som er fotografisk dokumentert i dette kapittelet og presentert i Figur 33 til Figur 37. Hvit stiplet linje ved lokalitet 1 er fronten av et steinskred, mens svart stiplet linje representer gamle fjellskredavsetninger nede i dalbunnen.





Figur 33: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred- og snøskredavsetninger ved Sunndal vest. Figurnummer 1 til 4 henviser til Figur 32.





Figur 34: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred- og steinsprangavsetninger ved Sunndal vest. Figurnummer 5 til 8 henviser til Figur 32.





Figur 35: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred- og steinsprangavsetninger ved Sunndal vest. Figurnummer 9 til 10 henviser til Figur 32. Lokalitet 10 representerer avsetning fra flomskred høst 2019.





Figur 36: Eksempel på overflatemorfologi fra snøskred-, flomskred og fjellskredavsetninger ved Sunndal vest. Figurnummer 11 til 15 henviser til Figur 32. Lokalitet 10 representerer avsetning fra flomskredet 29. august 2019. Lokalitet 15 viser fjellskredavsetning som finnes nederst i dalbunnen (se svart stiplet linje Figur 32). Denne morfologien kunne vært mistolket som gamle steinsprangavsetninger, men stor-skala morfologien (Figur 32) viser at det kun kan være fjellskred.





Figur 37: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred-, snøskred-, steinsprang- og steinskredavsetning ved Sunndal vest. Figurnummer 16 til 19 henviser til Figur 32. Lokalitet 16 viser spor etter flomskredhendelsene høsten 2019.

### 3.4.2 Sunndal øst

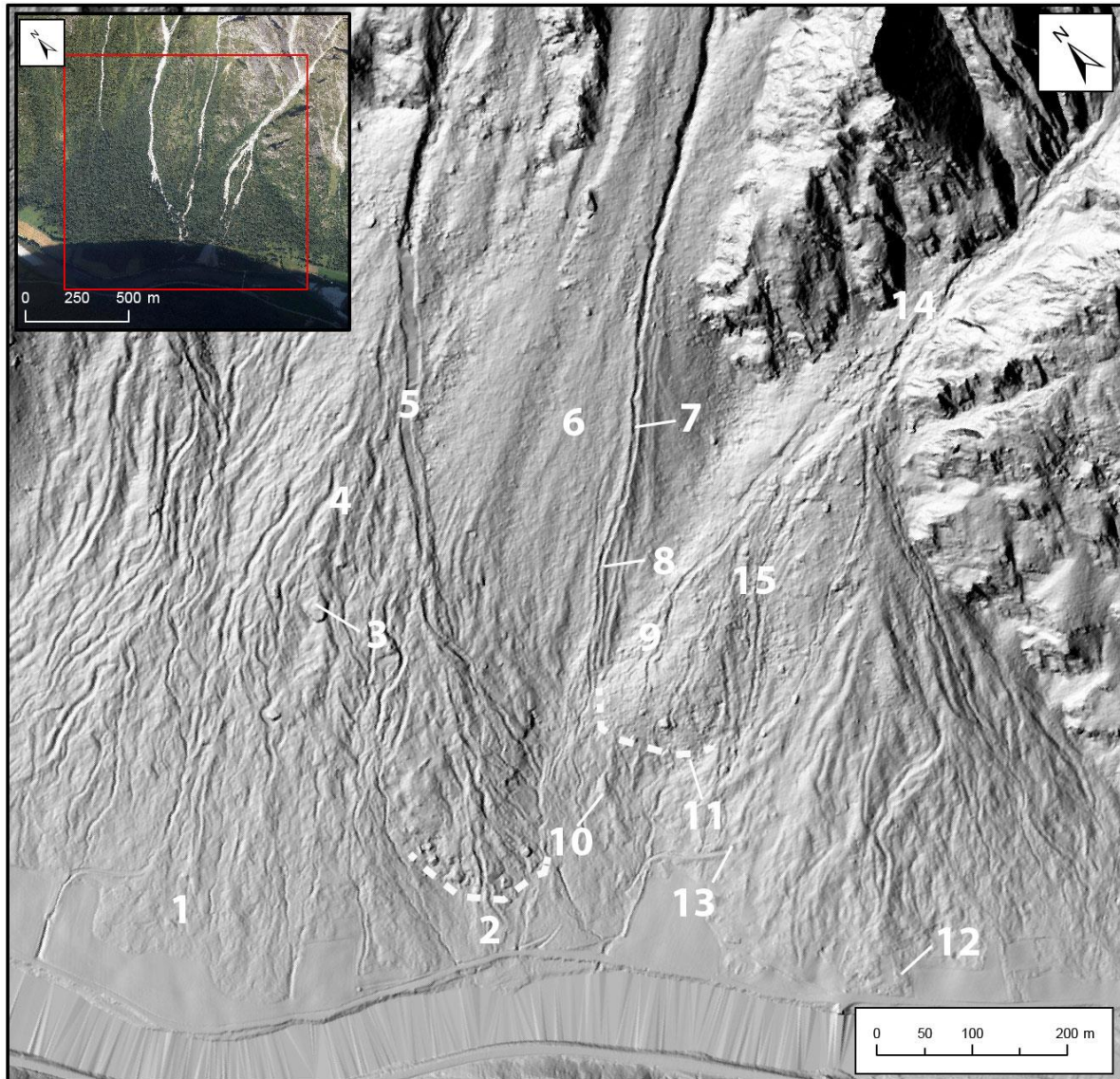
Sunndal øst har en morfologi som er veldig lik Sunndal vest med både vertikale fjellsider og mange v-formede innskjæringer i fjellet som til sammen lager et topografisk komplisert kildeområde som knyttes til et komplisert viftesystem.

Kartleggingen viser at det på viften forekommer snøskred-, flomskred-, steinsprang- og steinskredavsetninger (Figur 38). Det er 2 steinskredavsetninger som begge er delvis dekket med flomskredavsetninger, noe som indikerer at steinskredavsetningene er eldre. Steinskredavsetningene har et stort volum og preger derfor stor-skala morfologien, og flomskred og snøskred er delvis styrt av steinskredene.

Spesifikke formelementer for Sunndal øst er:

- Nedskårne skredløp (disse er ofte primært formet av flomskred, men gjenbrukt av snøskred). Eksempel: Lokalitet 7, Figur 38 og 37.
- Rygger på siden av, og parallelt med, skredløpene, såkalte levéer. Disse kan ha ulike høyde fra dm til flere meter. Størrelsen på levéene er ofte proporsjonal mot bredde og dybde av skredløpet mellom levéene. Eksempel: Lokalitet 8, Figur 38 og 37.
- Konvekse godt definerte lober i direkte kontakt med levéer og flomskredløp, finnes primært på sentrale delen av viften. Disse konvekse lobene forekommer oftest på de bratte delene av viften.
- Tungeformer med utflatet langsprofil observert i ytterkant av viften hvor det er lavere gradient. Størrelsen varierer fra noen meters bredde og desimeter opp til ca 15 meters bredde og flere meters høyde. Eksempel: Lokalitet 12, Figur 38 og 38.
- Kombinasjonen av levéer, lober og tungeformede avsetninger utgjør en overflatesignatur som er karakteristisk for gjentatte flomskred. Det er vanskelig å skille ut enkelte formelementer i disse områdene. Eksempel: Lokalitet 4 og 12, Figur 35.
- Jevnt hellende overflater med spredte stein og blokker av ulike størrelser på overflaten. Disse kan knyttes til utsmelting av snøskredmateriale og inneholder ofte en betydelig mengde organisk materiale. Eksempel: Lokalitet 6, Figur 38 og 36.
- Soner med store blokker som er markant større enn materialet omkring. Disse sonene har på denne viften en grov lobeform og tolkes å være dannet av steinskred. Eksempel: Lokalitet 11, Figur 38 og 37.
- Enkelt stående store blokker ( $>10\text{m}^3$ ) som er markant større enn materialet omkring. Disse blokkene er tolket som steinsprangblokker. Flere plasser kan en observere at sekundære flomskred blir styrt rundt enkeltstående blokkene, eller avsatt på toppen av delvis begravde blokker. Eksempel: Lokalitet 3, Figur 38 og 35.





Figur 38: Oversikt over morfologien ved Sunndal øst med skyggekart som base (1m oppløsning DEM fra 2013). Numrene representerer utvalgte lokaliteter som er fotografisk dokumentert i dette kapittelet og presentert i Figur 39 til Figur 41. Hvit stiplet linje ved lokalitet 2 og 11 er front av steinskredavsetning.





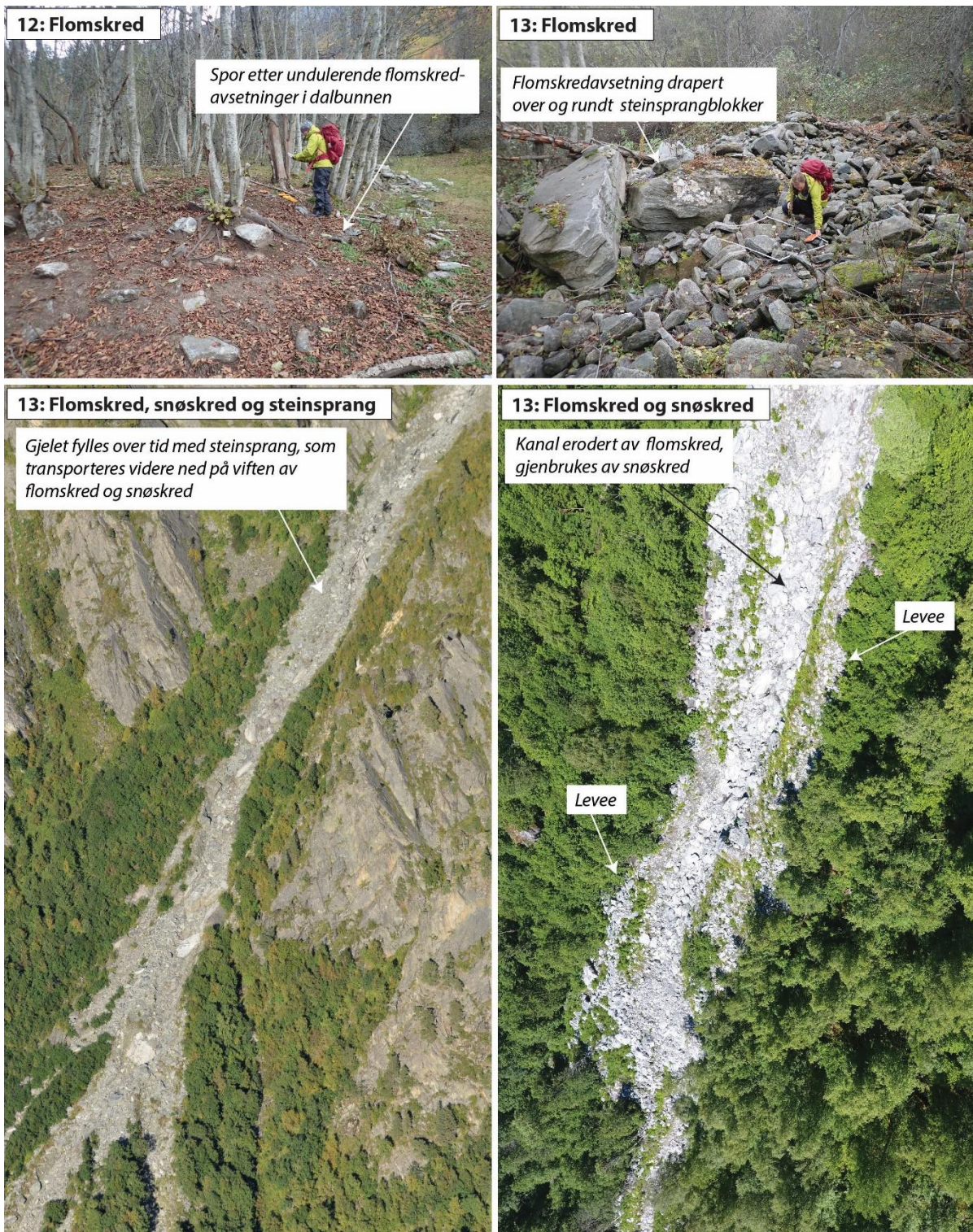
Figur 39: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred og snøskred for Sunndal øst. Figurnummer 1 til 6 henviser til Figur 38. Skredløp ved Lokaltet 5 er opprinnelig erodert av flomskred, men gjenbrukes i dag av snøskred. Det er i løpet spredte spor etter snøskredavsetninger (grus/stein).





Figur 40: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred og steinskred Sunndal øst. Figurnummer 7 til 11 henviser til Figur 38. Skredløp ved lokalitet 7 og 8 er opprinnelig erodert av flomskred, men gjenbrukes i dag av snøskred. Det er i løpet spredte spor etter snøskredavsetninger (grus/stein).





Figur 41: Eksempel på overflatemorfologi fra flomskred, snøskred og steinsprang ved Sunndal øst. Figurnummer 12 til 13 henviser til Figur 38.



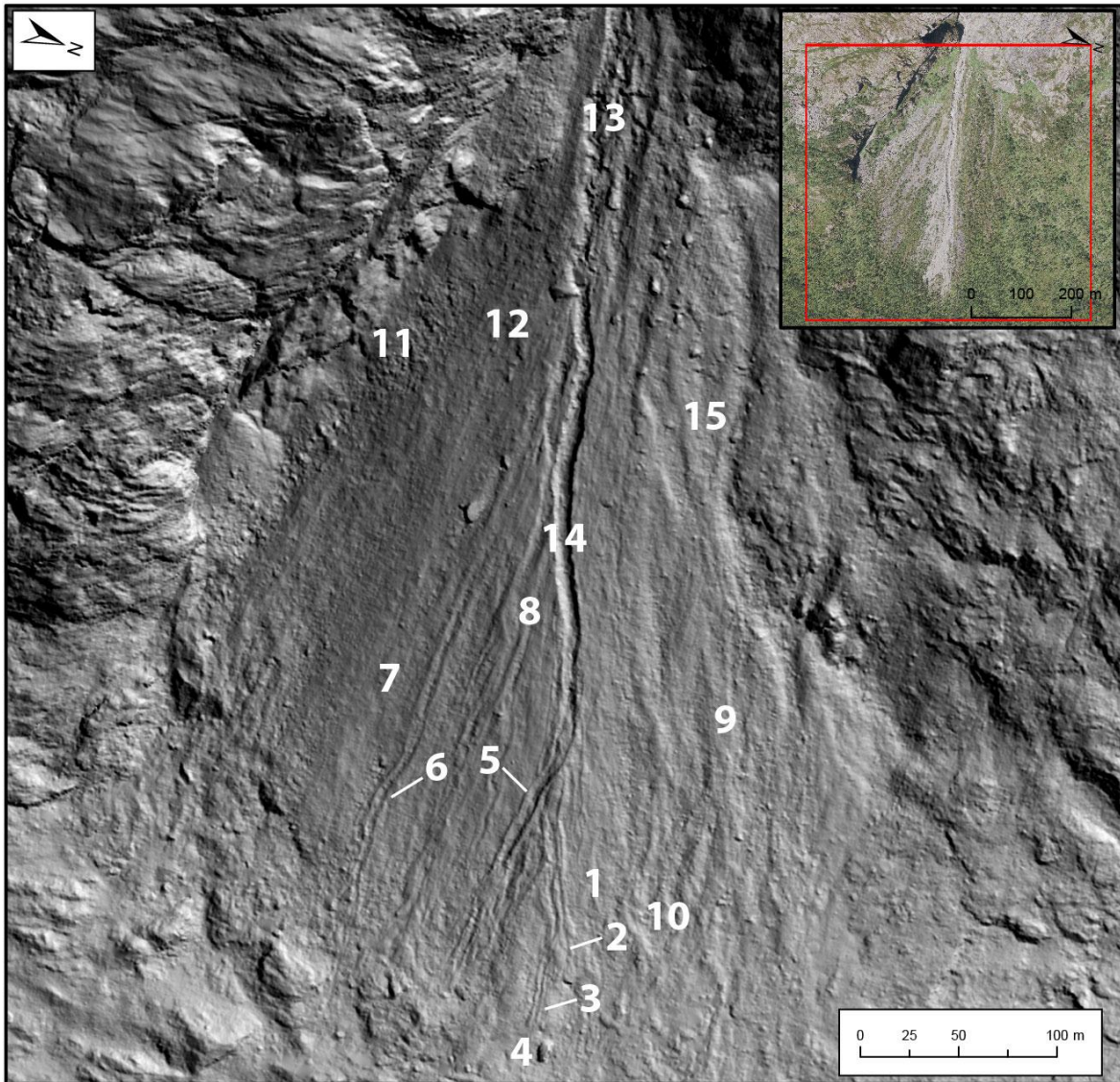
### 3.4.3 Drivdalen

Drivdalen har en stormorfologi som skiller seg fra Sunndal vest og øst da det kun er en enkel vifte som knyttes til en definert v-formet kløft i fjellet. Innskjæringen er a-symmetrisk og selve formen er styrt av fjellstrukturer. Kildeområdet for snøskred og flomskred er derfor betraktelig mindre enn i Sunndalsviftene. Likevel karakteriseres viften også som kompleks da det er spor etter ulike skredtyper på den samme viften (Figur 42).

Kartleggingen og monitoreringen viser at det forekommer snøskred-, flomskred- og steinsprangavsetninger. En delvis begravd opphopning av store blokker i øvre del av viften tolkes å være en eldre steinskredavsetning. Store deler av viften er dekket med snøskredavsetninger, som danner en jevn og «glatt» overflate (Lokalitet 7 og 12, Figur 42). Gjentatte flomskred har erodert kanaler gjennom snøskred- og steinsprangavsetningene, og flomskredløpene leder videre til avsetninger lengre ut på viften. Noen plasser har flomskred har erodert og transportert store blokker som trolig originalt er snøskred- eller steinsprangmateriale (Lokalitet 5b, Figur 43). Former knyttet til flomskred vises som undulerende kanaler, levéer og lober. Nord for dagens aktive flomskredløp er det spor etter brede kanaler og lober, dog med til dels utglattet overflate (lokalitet 9, 10 og 15, Figur 42). Dette området har et velutviklet vegetasjonsdekke med mye lav på steinene og den generelle kornstørrelsen i overflaten er stein og en stor andel avrundet blokker.

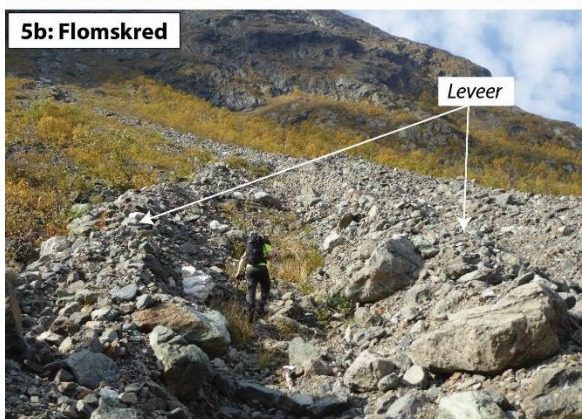
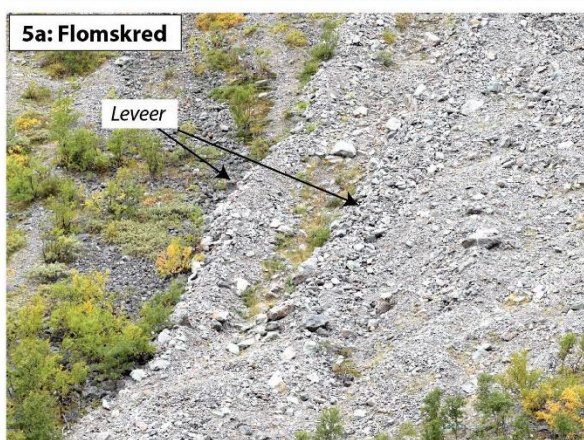
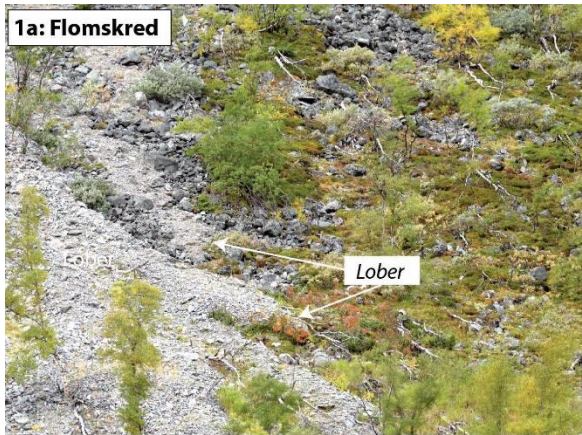
Spesifikke formelementer for Drivdalen er:

- Nedskårne flomskredsløp (disse er ofte primært formet av flomskred, men gjenbrukt av snøskred). Eksempel: Lokalitet 14, Figur 42 og 42.
- Rygger på siden av flomskredløp, såkalt levéer. Disse kan ha ulike høyde fra desimeter til flere meter. Størrelsen på levéene er ofte proporsjonal mot bredde og dybde av skredløpet mellom levéene. Eksempel: Lokalitet 5, Figur 42 og 40.
- Konvekse lober i direkte kontakt med levéer og løp, som finnes primært på sentrale delen av viften. Lober forekommer også som lateralt utspring fra flomskredløp. Eksempel: Lokalitet 2, Figur 42 og 40.
- Jevne hellende flater med spredte grus, stein og blokker av ulike størrelser. Disse kan knyttes til utsmelting av snøskredmateriale og inneholder ofte en mengde organisk materiale. Se Eksempel: Lokalitet 7, Figur 42 og 41.



Figur 42: Oversikt over morfologien ved Drivdalen med skyggekart som base (0,5m oppløsning DEM fra 2016). Numrene representerer utvalgte lokaliteter som er fotografisk dokumentert i dette kapittelet og presentert i Figur 43 til Figur 45.





Figur 43; Eksempel på flomskredavsetninger ved Drivdalen. Figurnummer 1 til 6 henviser til Figur 42. Lokalitet 6 har et velutviklet vegetasjonsdekke og representerer overflate påvirket av eldre flomskred.





Figur 44: Eksempel på flomskred- og/eller snøskredavsetninger ved Drivdalen. Figurnummer 7 til 10 henviser til Figur 42. Lokalitet 9 har spor etter eldre flomskredløp, men morfologien har blitt glattet ut i ettertid av snøskredaktivitet. Lokalitet 9 og 10, samt deler av 7, har et velutviklet vegetasjonsdekke og det er mye lav på stein og blokker.





Figur 45: Eksempel på flomskred- og/eller snøskredavsetninger ved Drivdalen. Figurnummer 11 til 14 henviser til Figur 42. For lokalitet 14b er det spor etter eldre flomskredløp, men morfologien er over tid blitt glattet ut av snøskred. Området har et velutviklet vegetasjonsdekke og det er mye lav på stein og blokker.

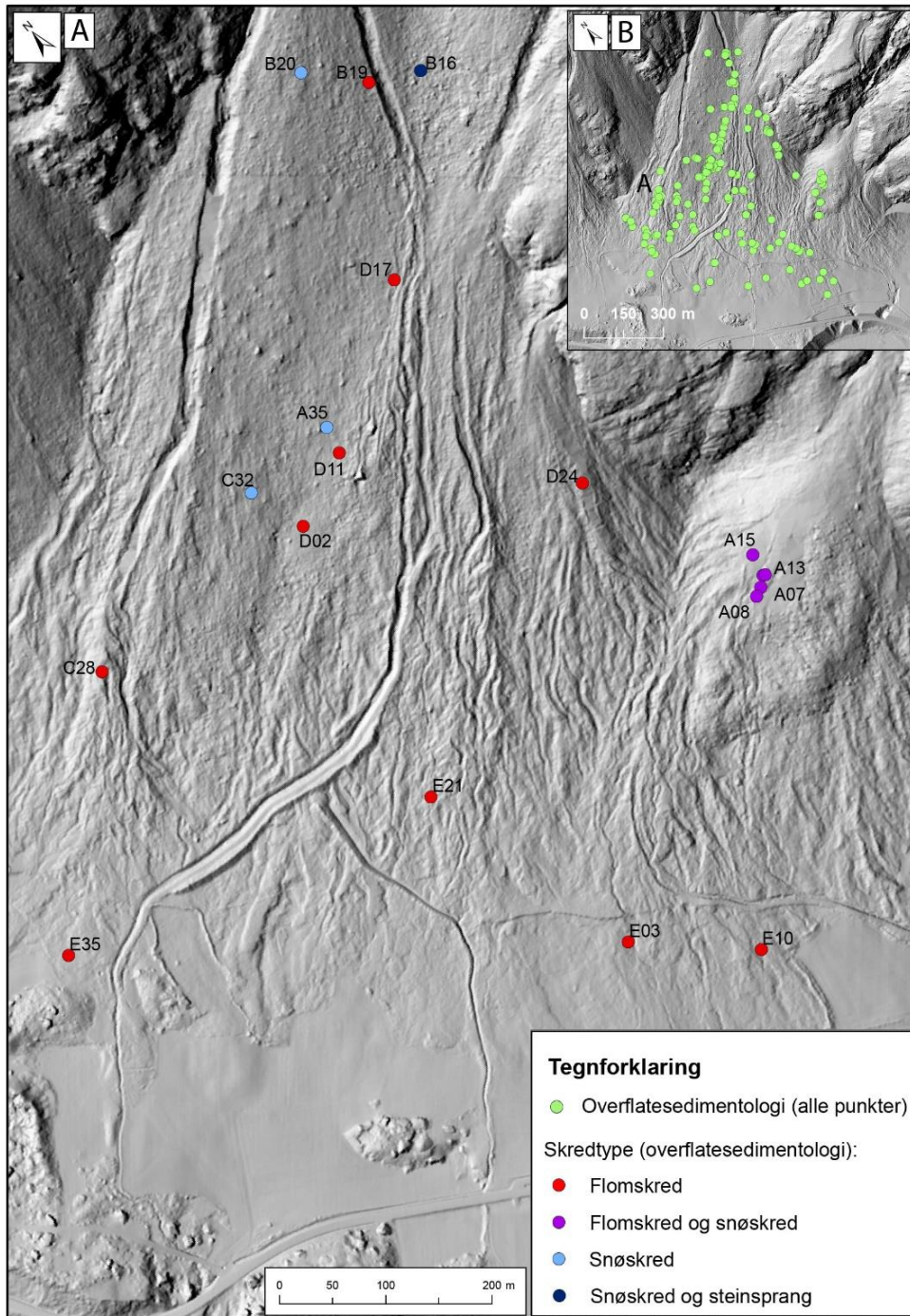


### 3.5 Kartlegging av overflatesedimentologi

Overflatesedimentologien er karakterisert ut fra feltobservasjoner i 1x1m firkanter og fra avstandsfoto (GigaPan/drone) kombinert med detaljerte skyggekart (eks. Figur 46, Figur 47).

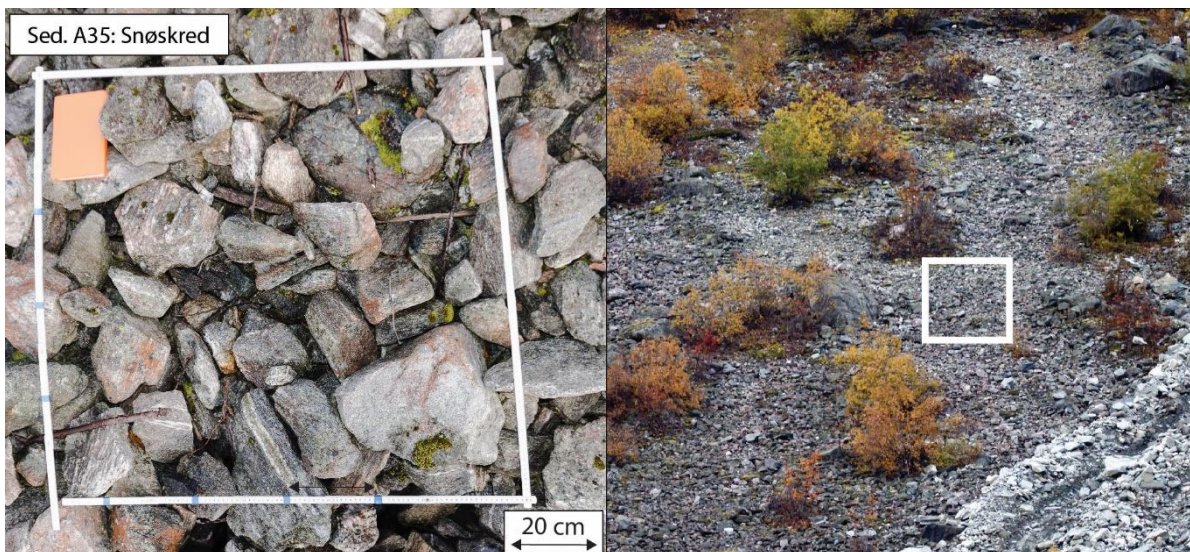
Arbeidet er utført likt for alle viftesystemene, men her vises kun eksempler fra Sunndal vest og Drivdalen ettersom Sunndal øst er helt lik Sunndal vest.

#### 3.5.1 Sunndal vest



Figur 46: A) Figuren viser utvalgte observasjonspunkter av overflatesedimentologi for Sunndal vest, som er presentert under fra Figur 44 til 64. Sunndal vest. Punktene karakteriseres videre som «Sed.X», navn relatert til Mangersnes (2020). B) Gjennom prosjektet er det totalt kartlagt 300 observasjonspunkter med overflatesedimentologi. Skyggekart med 1m oppløsning er brukt som base (DEM fra 2013).





Figur 47: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en stein og blokkrik overflate avsatt fra snøskred. Alle sedimentene på overflaten består av løst konsolidert stein og blokk som ligger ustabil i forhold til hverandre («helt forferdelig å gå tur i»). Det er ingen tendenser til kornstørrelsesfordeling over et større areal. Avsetningen er i varierende grad dekket av mose og lav. En stor del har ingen eller lite lav, noe som tolkes som et tegn på relativt høy snøskredaktivitet i dag. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarende ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 1. november 2017.

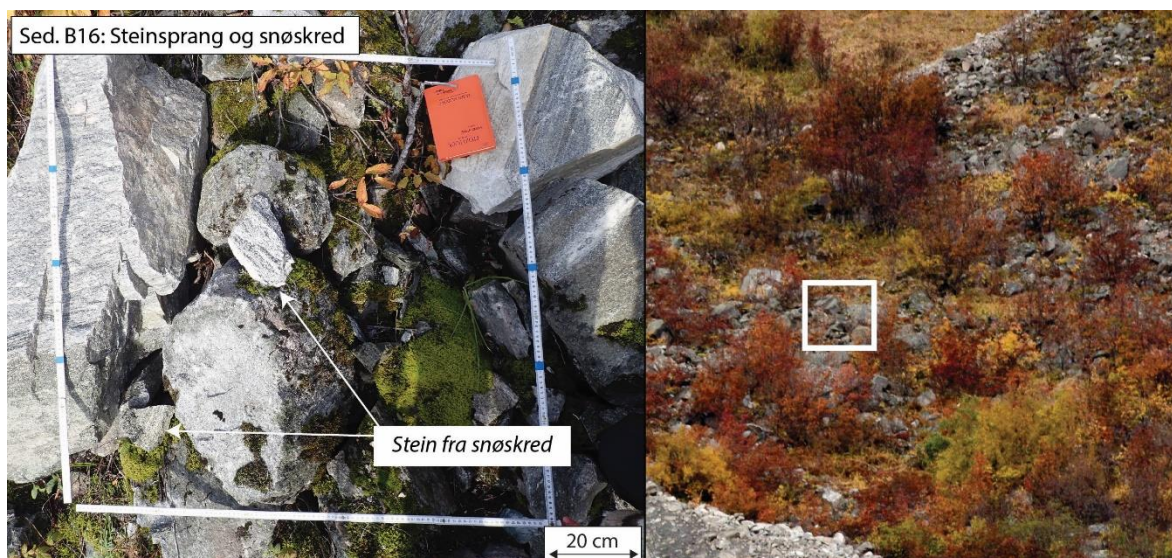


Figur 48: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en stein og blokkrik overflate avsatt fra snøskred. Alle sedimentene på overflaten består av løst konsolidert stein og blokk som ligger noe ustabil i forhold til hverandre. Det er ingen tendenser til kornstørrelsesfordeling over et større areal og heller ingen tegn til imbrikasjon. Overflaten er i ulik grad dekket av mose og lav, noe som bidrar til at sedimentene er relativt konsolidert. Feltarbeid utført 8. juli 2019.





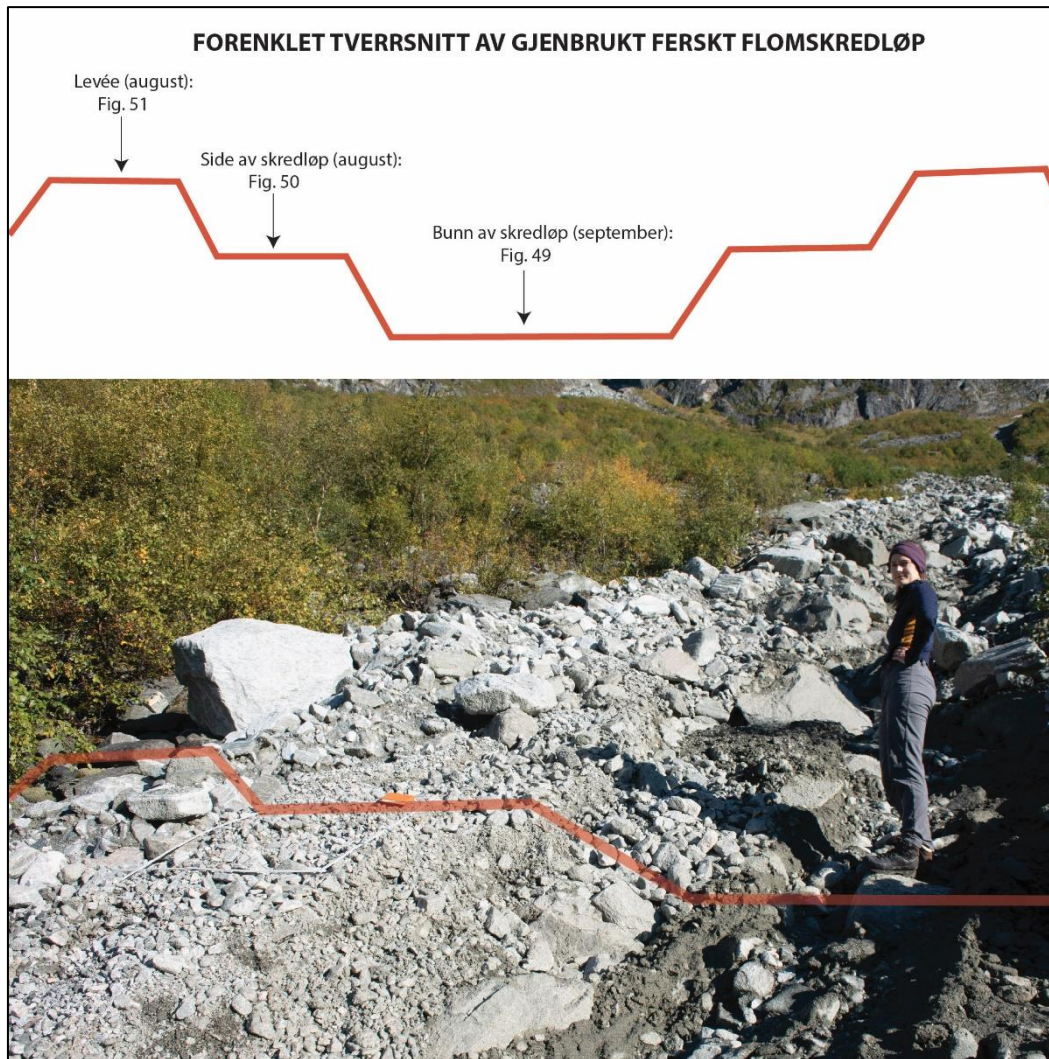
Figur 49: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en helt vegetasjonsdekket, jevnt hellende, overflate med spredte blokker avsatt fra snøskred. Merk at de ferske blokkene ligger ovenpå vegetasjonen. Høyre bilde er oversiktsfoto tatt fra gigapan, hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 4. oktober 2018.



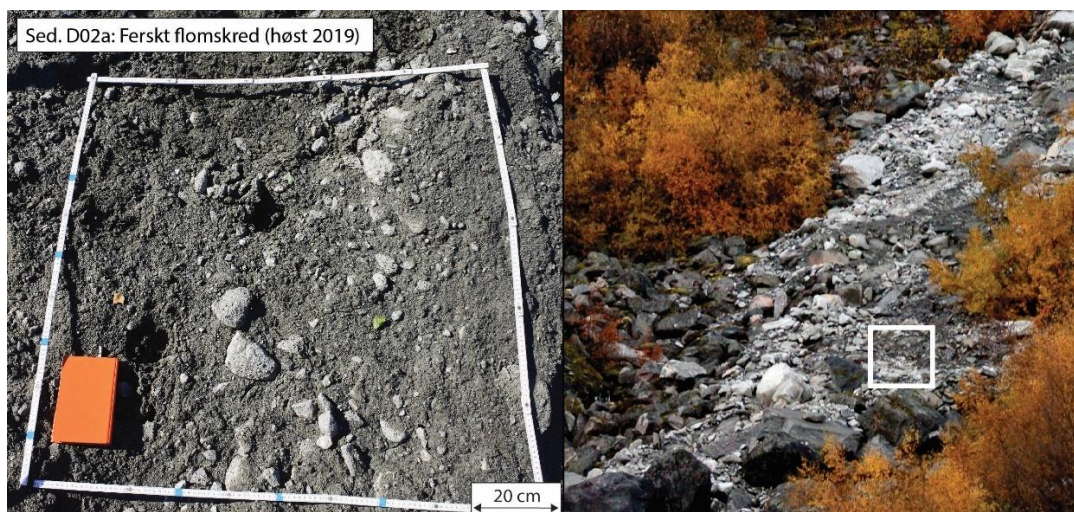
Figur 50: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en blokkrik overflate avsatt fra steinsprang og snøskred. Lokaltiteten ligger i utkanten av steinsprangsur. De fleste blokkene er tolket å være fra steinsprang, men noen mindre stein og gruspartikler ligger ustabil spredt oppå blokkene, og er tolket til å ha smeltet ut av snøskred. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 4. oktober 2018.

Kommende tre bilder viser et nylig flomskred med levéer, se skisse Figur 51. Første bilde (Figur 52) viser nylig avsatte skredavsetninger i bunnen av skredløpet. Informasjon fra overvåkningskameraet indikerer at siste hendelse skjedde kun 4 dager før feltobservasjonene. Figur 53 er fra en liten utflating på siden av det ferske skredløpet. Observasjoner i felt og monitorering indikerer at denne avsetningen er fra skredhendelsen 29.august, ca 1 mnd før feltobservasjonene. Den siste figuren (Figur 54) er fra en lav levé rett ved siden av skredløpet og er også tolket å tilhøre hendelsen 29.august.



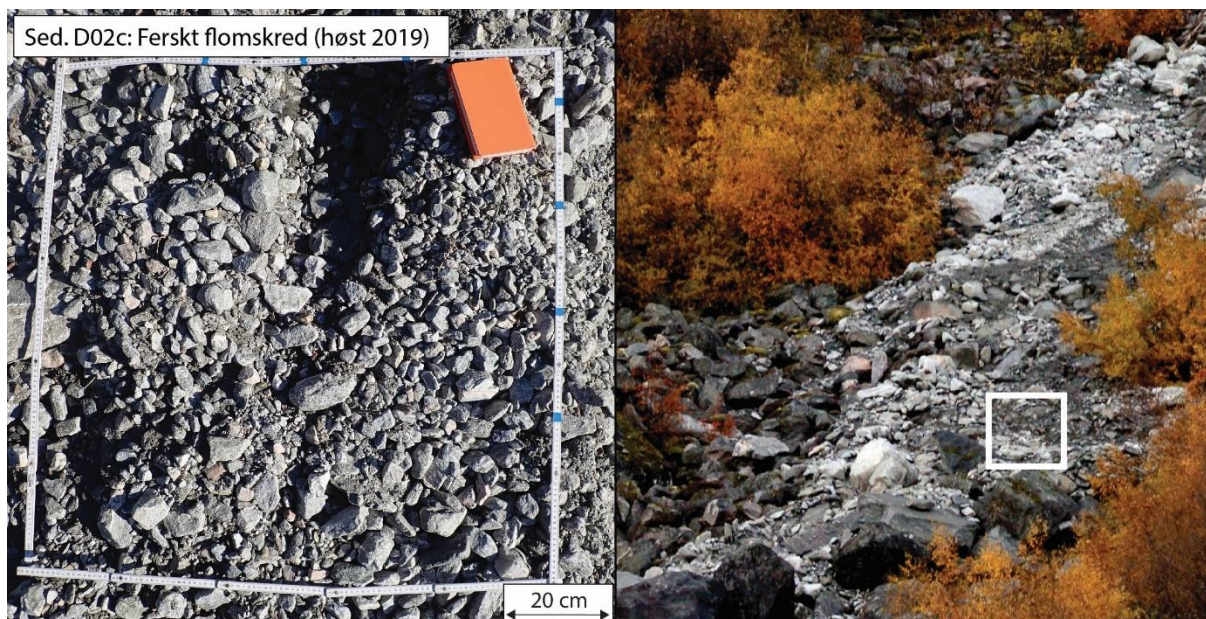


Figur 51: Øvre figur viser forenklet tverrsnitt av gjenbrukt ferskt flomskredløp. Nedre figur er feltfoto av tverrsnittet. Feltarbeid utført 24.september 2019.

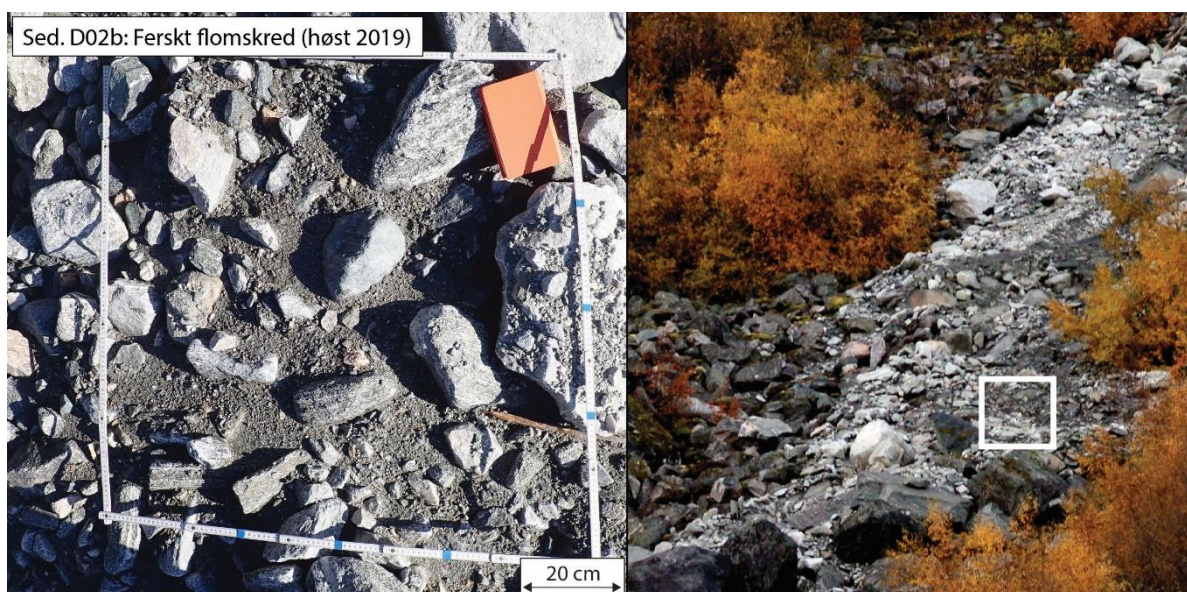


Figur 52: Venstre bilde viser overflatesedimentologien i bunnen av et flomskredløp fra skredhendelsen 20.september 2019. Sedimentene består av en matriks av silt og sand, med noe innblandet grus og stein. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 24.september 2019.





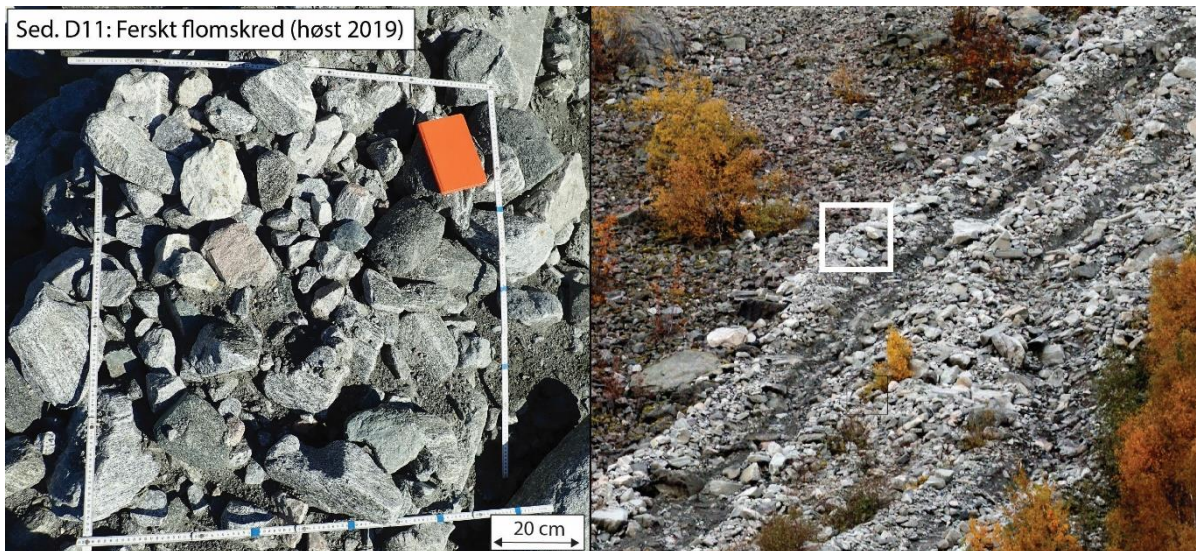
Figur 53: Venstre bilde viser overflatesedimentologien i skredløpet avsatt fra flomskred 29.august 2019. Avsetningen består av finstoff og grus/stein. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Punktet ligger rett ved D02b, Figur 51. Feltarbeid utført 24.september 2019.



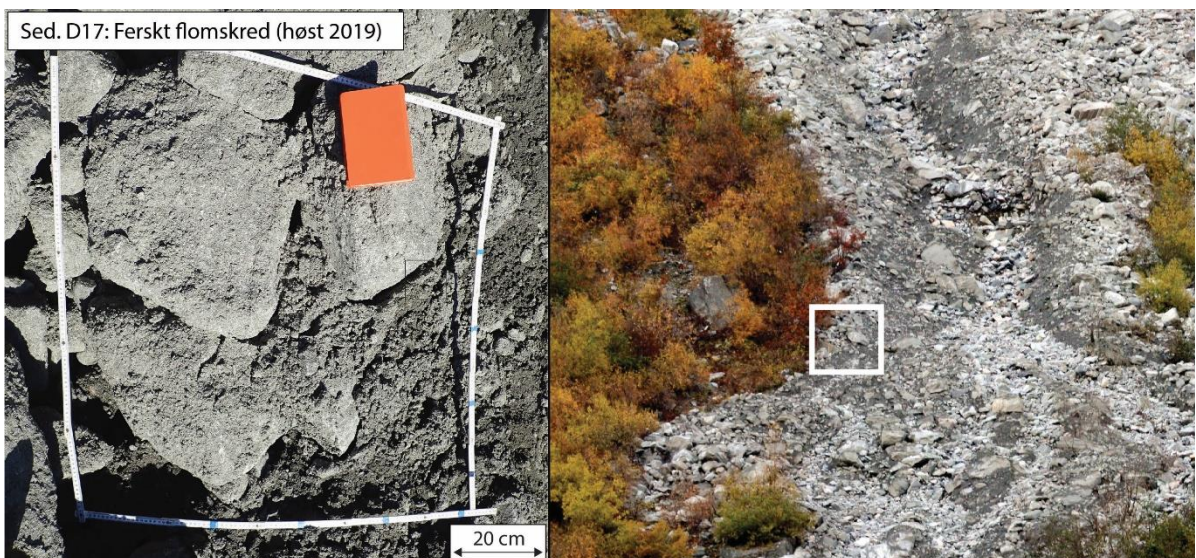
Figur 54: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en lav flomskredlevee fra en skredhendelse høsten 2019. Sedimentene består her av en siltig, sandig matriks, med stor andel innblandet stein og blokk. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Punktet ligger rett ved D02c, Figur 50. Feltarbeid utført 24.september 2019.

De neste to figurene (Figur 55, Figur 56) er fra den samme skredhendelsen som vist i Figur 52-51, men bildene er tatt lengre opp på viften, nærmere rotpunktet. Skredløpene er her noe mer morfologisk definert med tydelige levéer.





Figur 55: Venstre bilde viser overflatesedimentologien av levee avsatt fra flomskred 29.august 2019. Sedimentene består av grus, stein og små blokk, med noe spredt finstoff. Overflaten viser et åpent rammeverk, men litt ned i avsetningen er den matriksstøttet (fremst sand). Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 24.september 2019.



Figur 56: Venstre bilde viser overflatesedimentologien av levee avsatt fra flomskred høst 2019. Sedimentene består av like deler stein og blokk i en sandig/siltig matriks. Materialet er løst konsolidert, med mye finstoff drapert over de større partiklene. Overflaten viser et til dels åpent rammeverk, men litt ned i avsetningen er den matriksstøttet. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 24.september 2019.



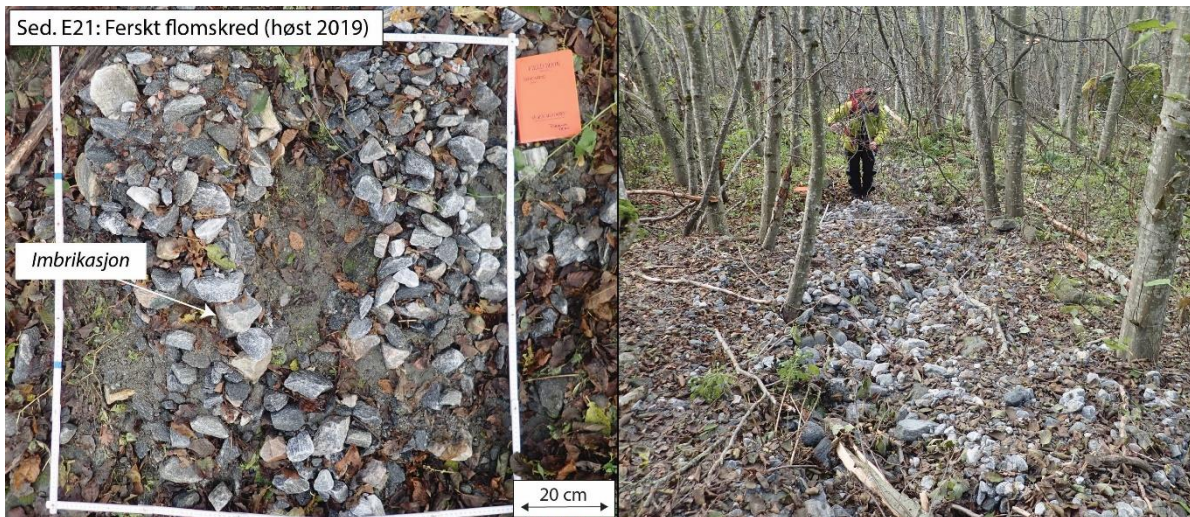


Figur 57: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på levee avsatt fra flumskred (ukjent alder). Sedimentene består av løst konsolidert stein og blokk, med åpent rammeverk. Forekomst av mose og mangel av finsediment indikerer at levéen ikke fersk, og langsom utvasking av finsediment har forandret den originale avsetningen. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 2.oktober 2018.

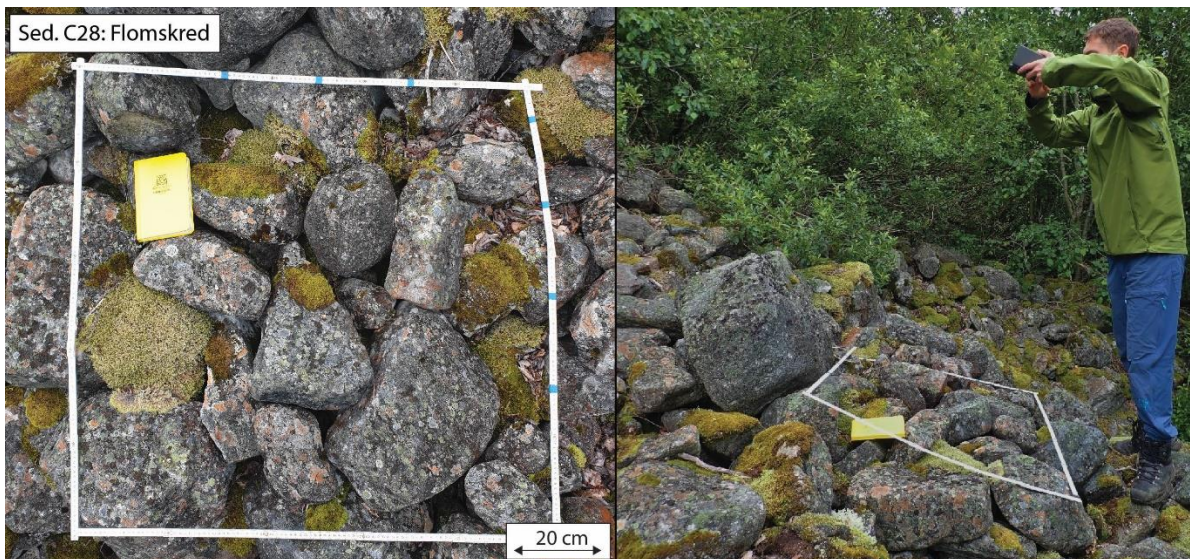


Figur 58: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på levee avsatt fra flumskred høsten 2019. Sedimentene består av stein og små blokk, med noe spredte finstoffer mellom steinene, som har et åpent rammeverk. En svak kornstørrelsesortering kan ses i at finstoffene stort sett er å finne på høyresiden av observasjonspunkt (inn mot skredløpet). Høyre bilde er oversiktsfoto tatt fra felt. Feltarbeid utført 24.september 2019.





Figur 59: Venstre bilde viser overflatesedimentologien fra et lite ferskt flomskred, trolig fra høsten 2019 (for tett vegetasjon for å bli fanget opp av monitoreringskamera). Legg merke til den svake imbrikasjonen i steinene, samt innhold av både finstoff og stein. Høyre bilde er oversiktsfoto tatt fra felt. Feltarbeid utført 17. oktober 2019.



Figur 60: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på framkanten av eldre kompleks lobeform avsatt fra flomskred. Sedimentene består av en stor andel kantrundet blokk med åpent rammeverk. Det er ingen finsediment synlig, men opp mot 20 % av overflaten er dekket med mose og steinene er helt dekket med lav. Høyre bilde er oversiktsfoto tatt fra felt. Feltarbeid utført 8. juli 2019.





Figur 61: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på ytterkanten av en flat tungeform avsatt fra flomskred. Sedimentene består av blokk og stein, dekket med moldjord og gress/mose. Synlige blokk viser fortsatt imbrikasjon. Høyre bilde viser fronten av tungeformen. Feltarbeid utført 17. oktober 2019.

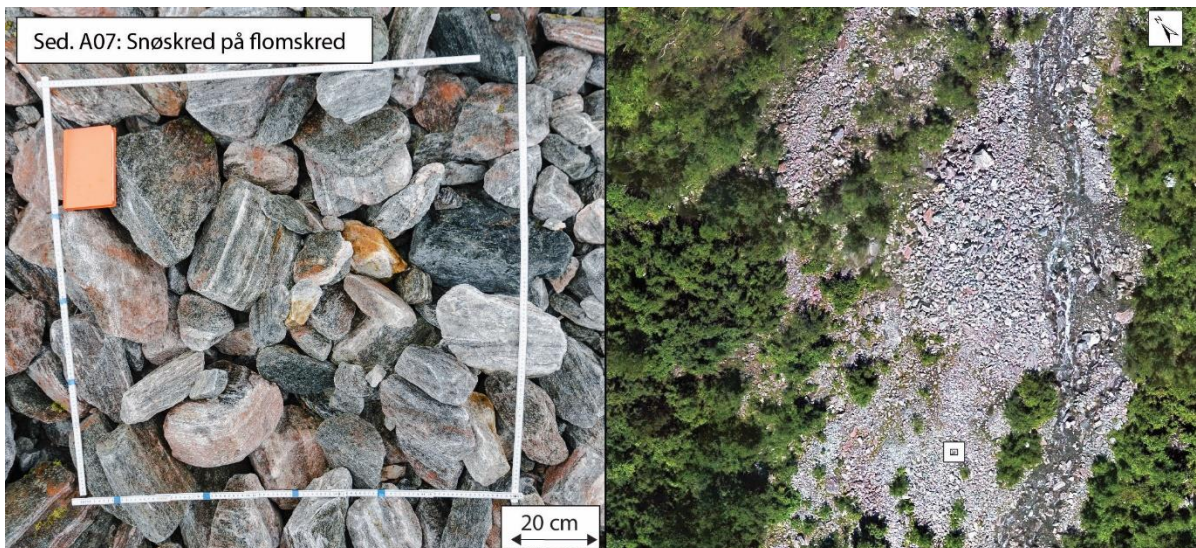


Figur 62: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på ytterkanten av en flat tungeform avsatt fra flomskred. Sedimentene består av blokk og stein, dekket med moldjord og gress/mose. Synlige blokker viser fortsatt imbrikasjon. Høyre bilde er oversiktsfoto tatt fra felt. Feltarbeid utført 17. oktober 2019.



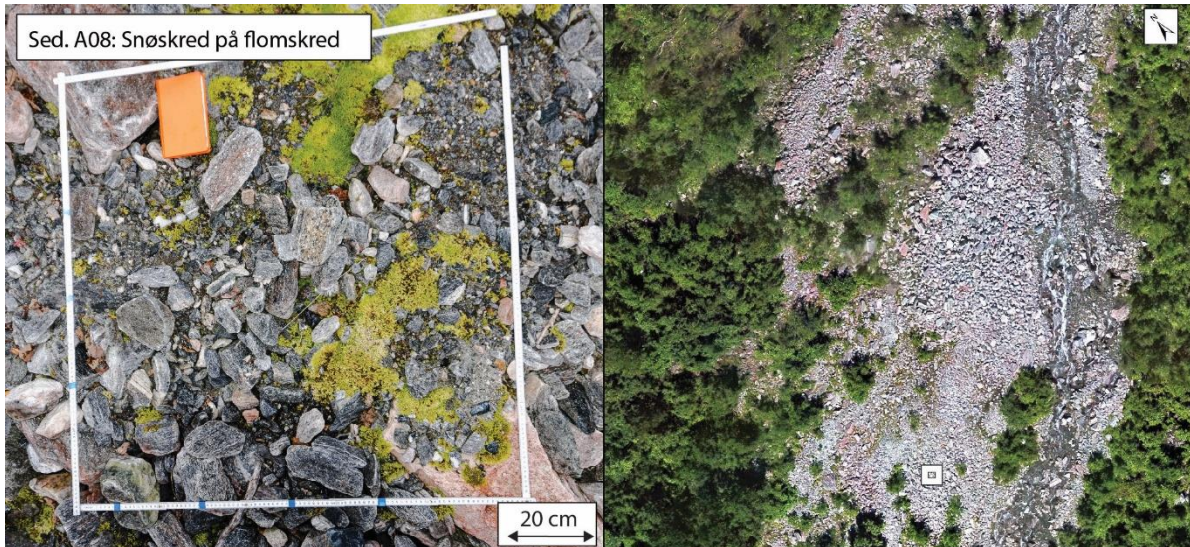


Figur 63: Venstre bilde viser overflatesedimentologien over en tungeform avsatt fra flomskred. Sedimentene er helt dekket med moldjord og det er ingen synlig steiner i overflaten. Det er usikkert om de synlige finnesedimentene stammer fra det første flomskredet eller er pålagret mold. Høyre bilde er et oversiktsfoto av lokaliteten og viser ingen steiner i overflaten. Feltarbeid utført 17. oktober 2019.

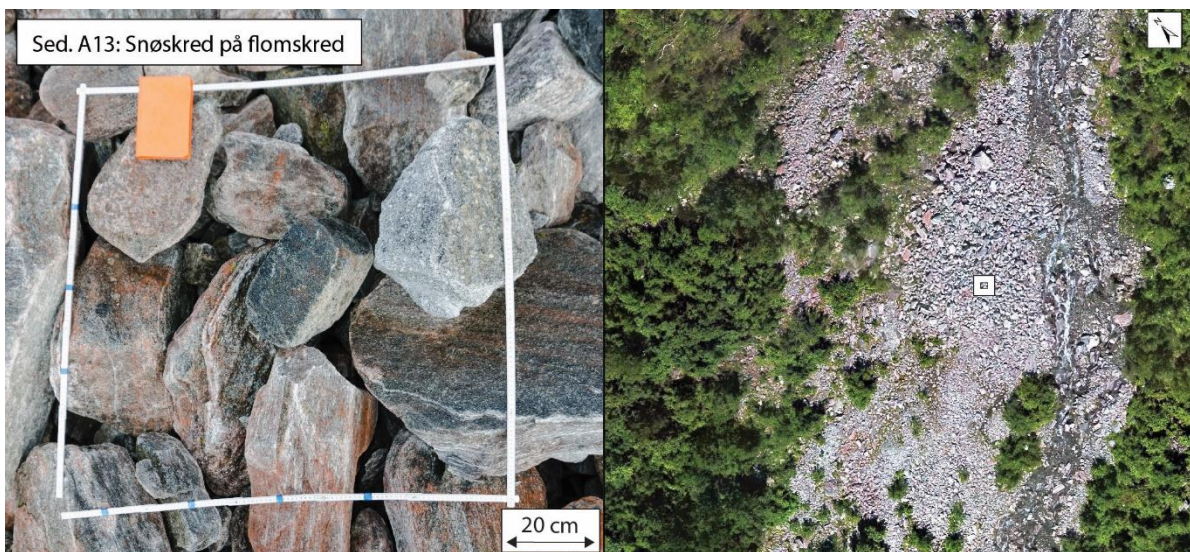


Figur 64: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på viften, avsatt fra flomskred og snøskred. Sedimentene består av løst konsolidert stein og blokk med et åpent rammeverk. Høyre bilde er et oversiktsfoto (drone), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarende ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 1. november 2017.



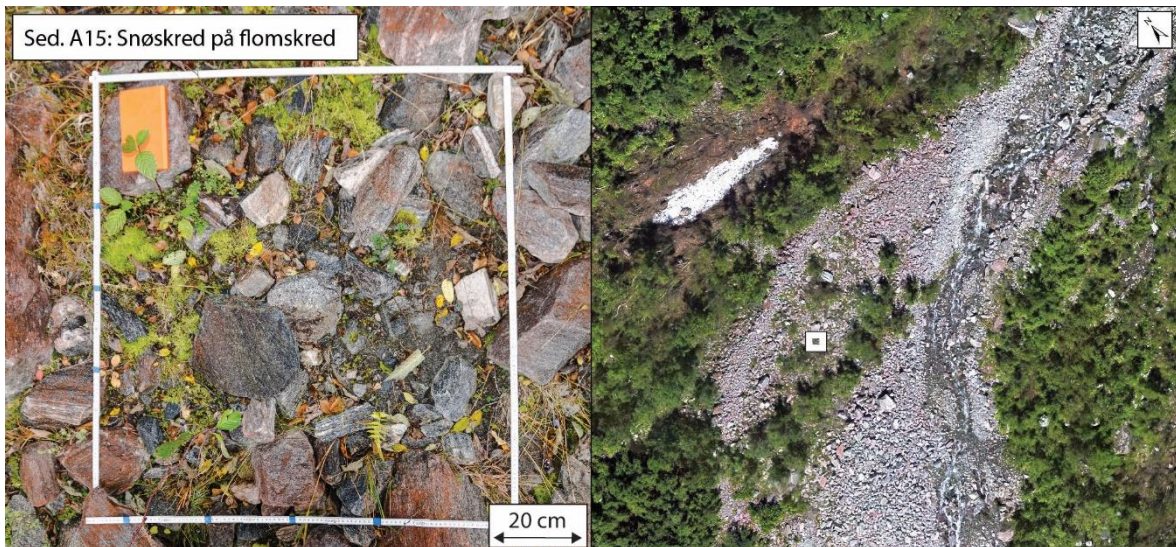


Figur 65: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på viften, avsatt fra gjentatte flomskred og snøskred. Sedimentene består primært av relativ finkornig materiale med spredt grus og stein på toppen, avsatt av nylige snøskred. Observasjonspunktene A08 og A07 viser høy variasjon innenfor kort avstand når flomskred og snøskred er aktive på samme del av viften. Høyre bilde er et oversiktsfoto (drone), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 1. november 2017.



Figur 66: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en flomskredslobe, som også er dekket av nylige snøskred. Sedimentene består av løst konsolidert stein og blokk med et åpent rammeverk. Høyre bilde er et oversiktsfoto (drone), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 1. november 2017.

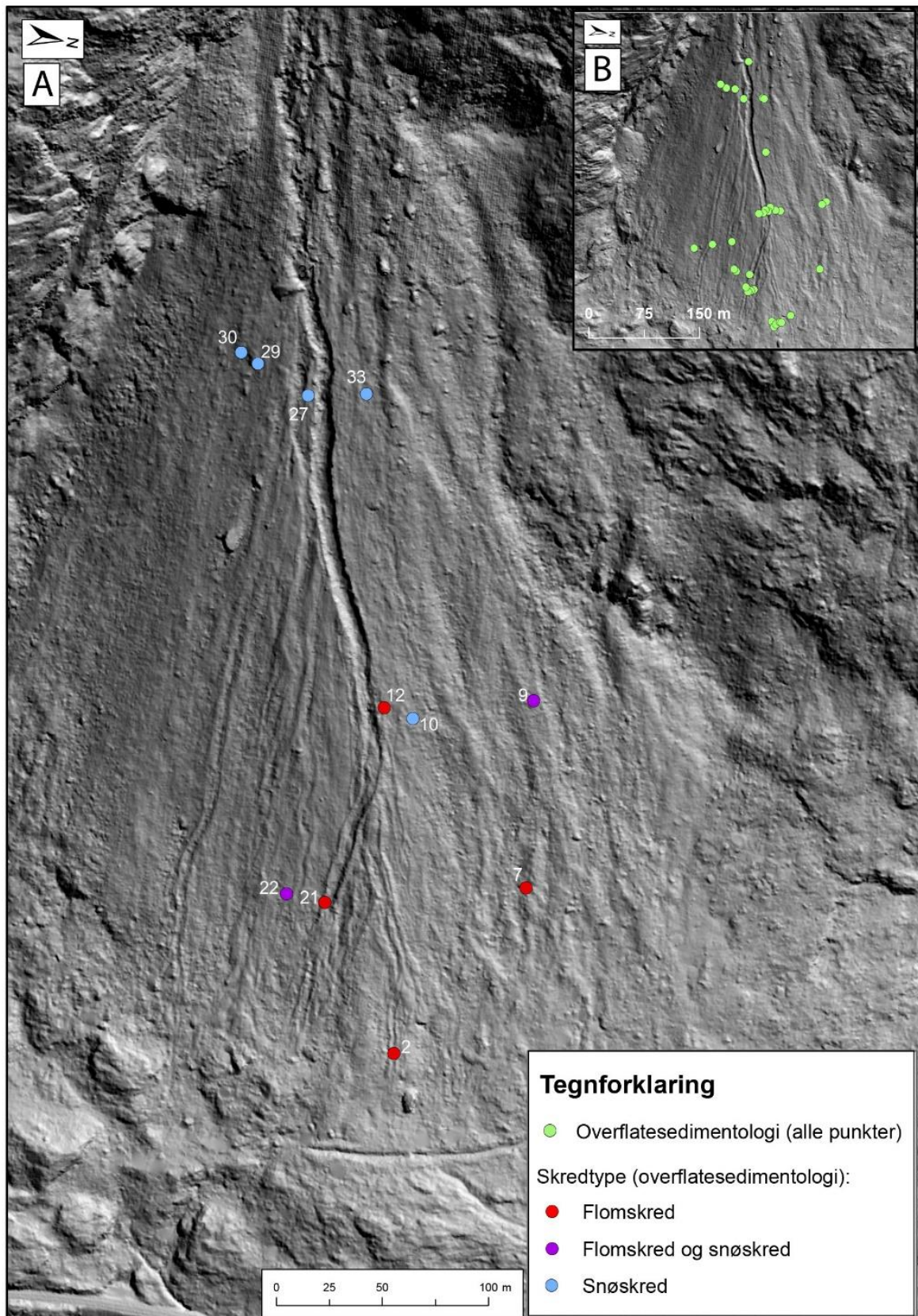




Figur 67: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en del av viften, dominert av gjentatte flomskred og snøskred. Sedimentene består primært av relativ finkornig materiale med spredt grus og stein på toppen, avsatt av nylige snøskred. Høyre bilde er et oversiktsfoto (drone), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 1. november 2017.

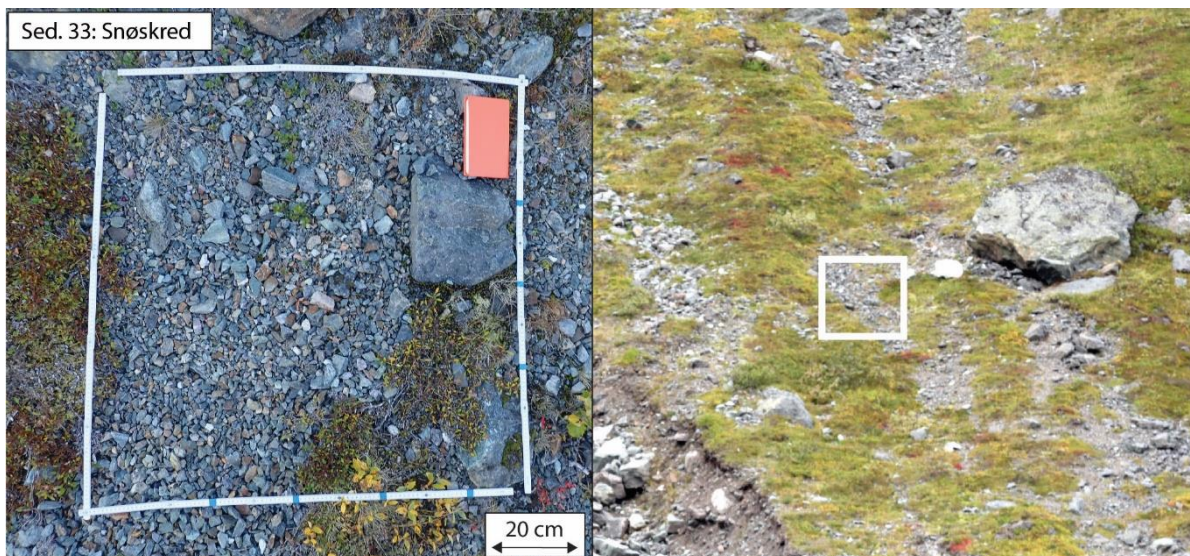


### 3.5.2 Drivdalen

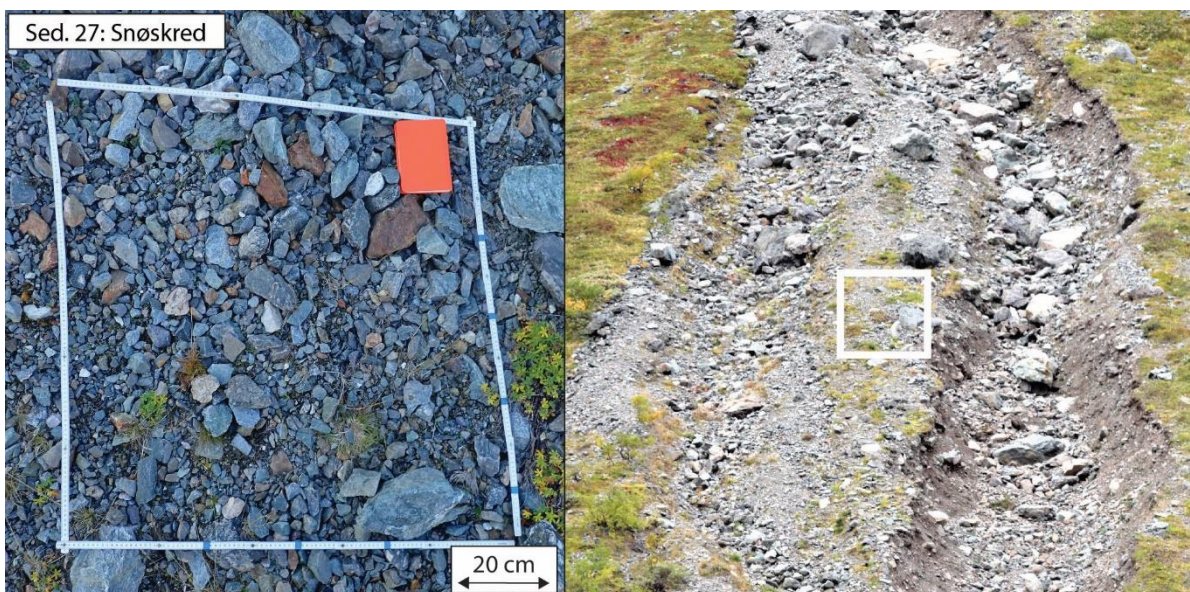


Figur 68: A) Figuren viser utvalgte observasjonspunkter av overflatesedimentologi for Drivdalen, som er presentert under fra Figur 66 til 76. B) Gjennom prosjektet er det totalt kartlagt 34 observasjonspunkter med overflatesedimentologi. Skyggekart med 0,5m oppløsning er brukt som base (DEM fra 2016).



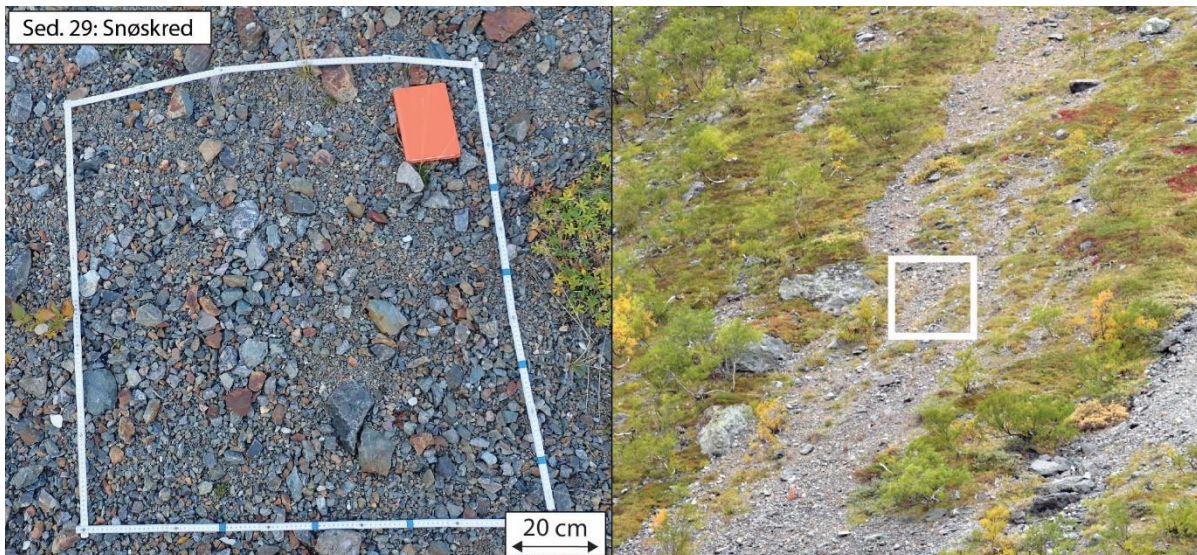


Figur 69: Venstre bilde viser en grusig og steinig overflate avsatt fra snøskred. Sedimentene består av løst konsolidert sand, grus og stein. De fleste kornene er kantete. Relativt jevn middels kornstørrelse over et større areal, men det forekommer enkelte større blokker. De mest finkornete sedimentene tolkes til å være resultat av in-situ forvitring av større partikler. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 25.september 2019.

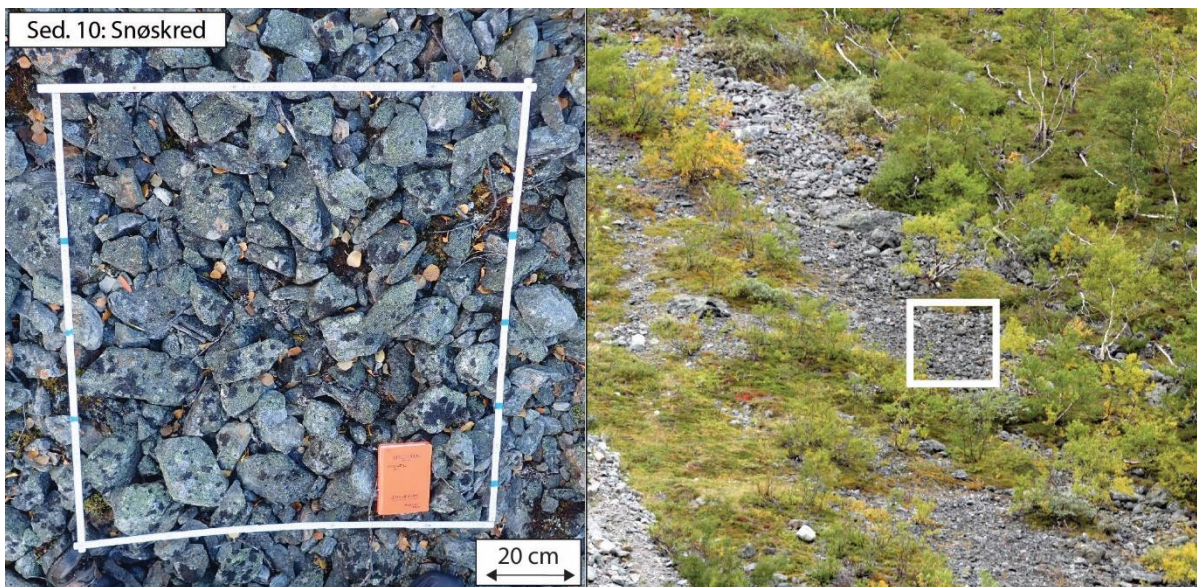


Figur 70: Venstre bilde viser overflatesedimentologien til en snøskredavsetning. Avsetningen ligger mellom to yngre flomskredløp. Sedimentene består av løst konsolidert sand, grus og stein. De fleste kornene er kantete. Det er en relativt jevn middels kornstørrelse over et større areal, men det forekommer enkelte større blokker. De mest finkornete sedimentene tolkes til å være resultat av in-situ forvitring av større partikler. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 25.september 2019.



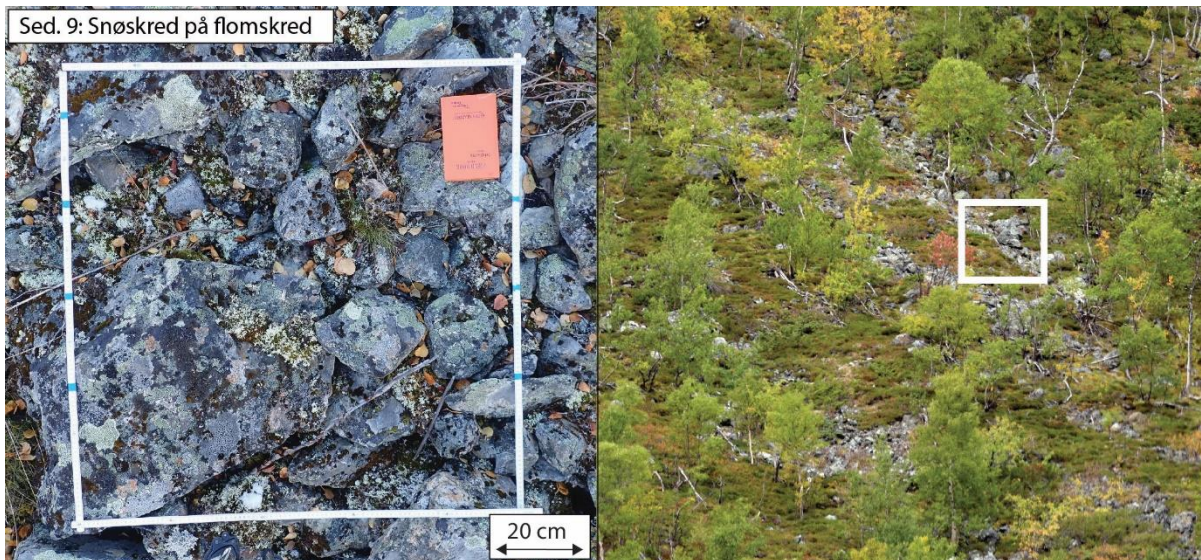


Figur 71: Venstre bilde viser overflatesedimentologien til en snøskredavsetning. Sedimentene på overflaten består av løst konsolidert sand, grus og stein. De fleste kornene er kantete. Relativt jevn middels kornstørrelse over et større areal. De mest finkornete sedimentene tolkes til å være resultat av in-situ forvitring av større partikler. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 25.september 2019.

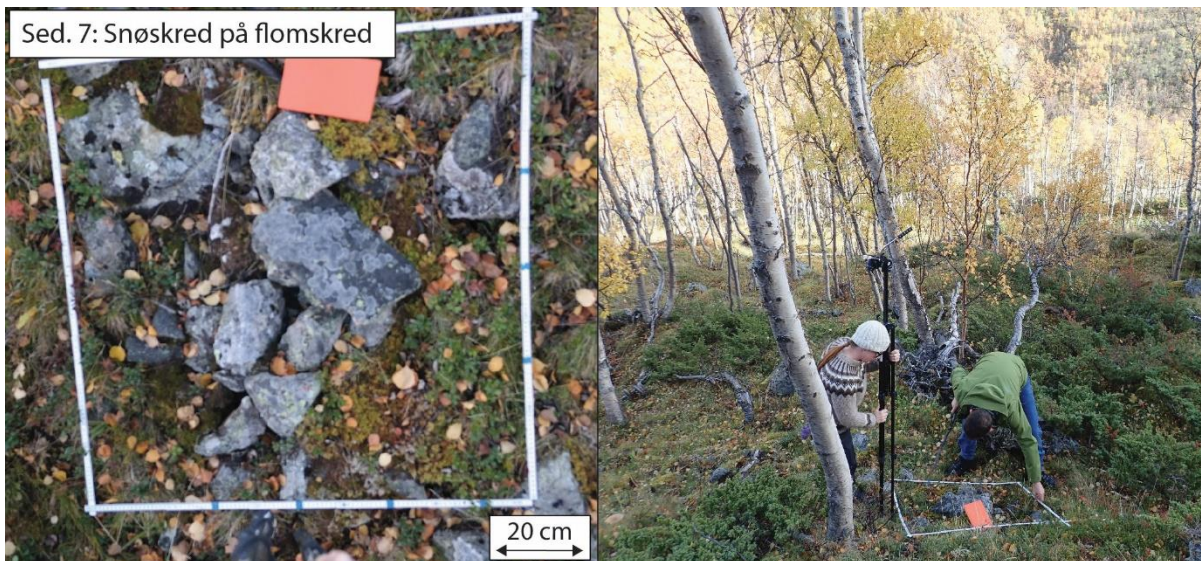


Figur 72: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en steinrik overflate som tolkes som avsatt fra snøskred. Sedimentene på overflaten består av løst konsolidert stein. De fleste kornene er kantrundet og dekket med lav, og det er en relativt jevn middels kornstørrelse over et større areal. Kornens rundingsgrad kan være et resultat av in-situ forvitring, da det godt utviklede vegetasjonsdekket indikerer at overflaten er gammel. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5.oktober 2018.



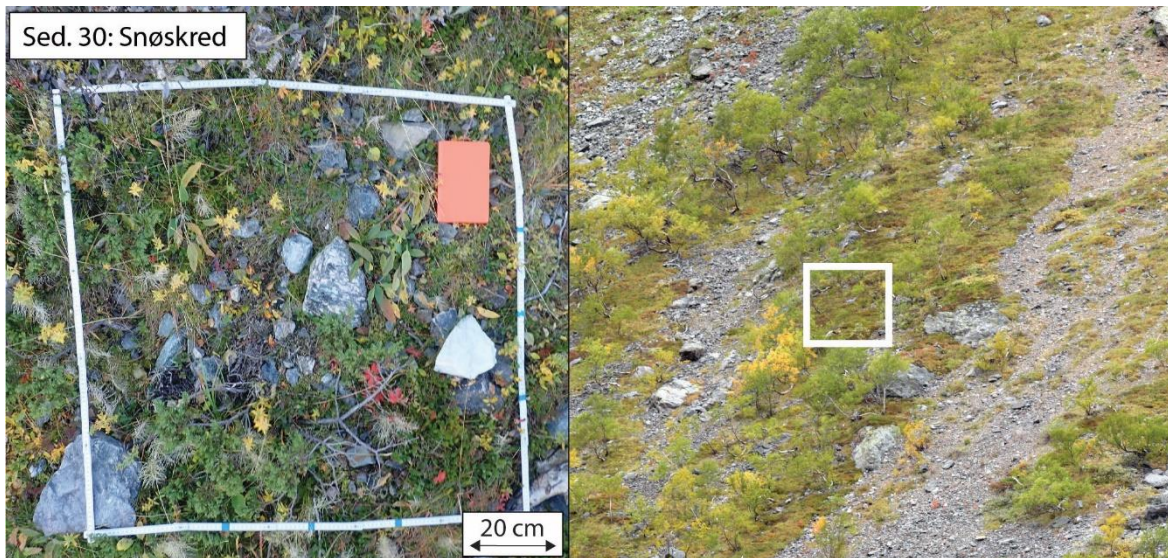


Figur 73: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en stein- og blokkrik overflate som tolkes som snøskredavsetning over flomskredavsetning. Sedimentene har åpent rammeverk og er løst konsolidert. Partiklene er kantrundet og dekket med lav. Kornens rundingsgrad kan være et resultat av in-situ forvitring, da det godt utviklete vegetasjonsdekket indikerer at overflaten er gammel. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvare ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5.oktober 2018.

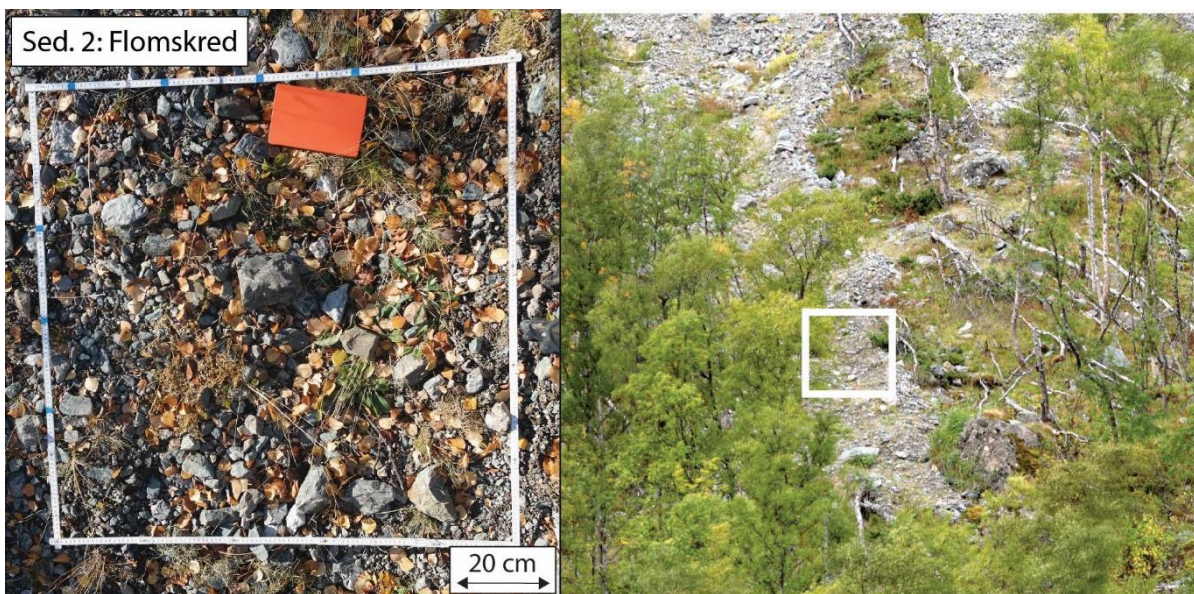


Figur 74: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en vegetasjonsdekket stein- og blokkrik overflate som tolkes som tynn snøskredavsetning over gamle flomskredavsetninger. Sedimentene har åpent rammeverk og er løst konsolidert. Kornens rundingsgrad kan være et resultat av in-situ forvitring, da det godt utviklete vegetasjonsdekket indikerer at overflaten er gammel. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvare ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5.oktober 2018.





Figur 75: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en helt vegetasjonsdekket, jevnt hellende, overflate med spredte blokker avsatt fra snøskred. Merk at de ferske blokkene ligger oppå vegetasjonen. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 25.september 2018.

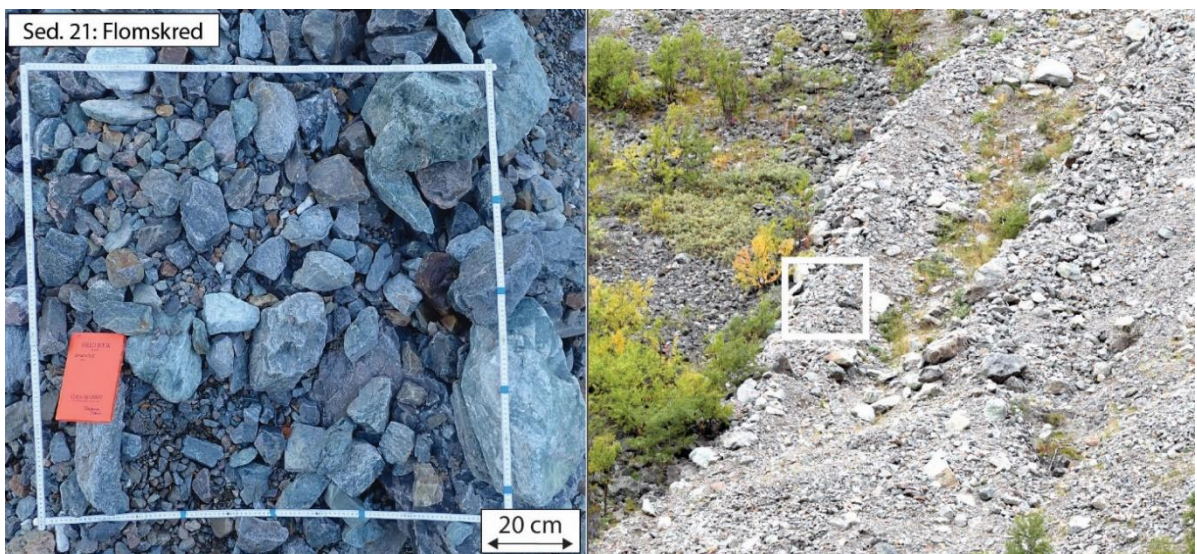


Figur 76: Venstre bilde viser overflatesedimentologien fra bunnen av et flømskredløp. Sedimentene har høyt innhold av både finstoff og stein. Sedimentene har delvis åpent rammeverk på overflaten, men det er mer finstoffer under overflaten. Miks av kantrundete og kantete partikler. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5.oktober 2018.



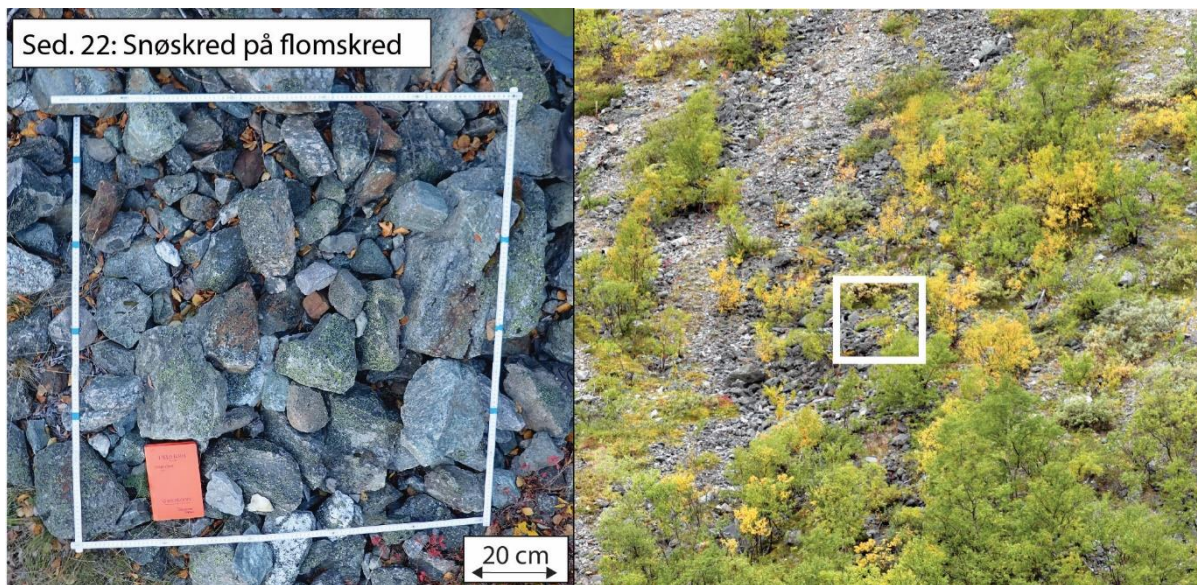


Figur 77: Venstre bilde viser overflatesedimentologien fra levéen til et flomskredløp. Sedimentene består av stein og blokker, som er blandet kantet og kantrundet. Sedimentene har åpent rammeverk på overflaten. Det er usikkert om sedimentene er fra en eller flere flomskredhendelser. Noen partikler liggende i ustabil posisjon kan være fra snøskred. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5.oktober 2018.



Figur 78: Venstre bilde viser overflatesedimentologien fra levéen til et flomskredløp. Sedimentene består av stein, blokker og noe grus, og er kantet til kantrundet. Sedimentene har åpent rammeverk på overflaten. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarer ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5.oktober 2018.



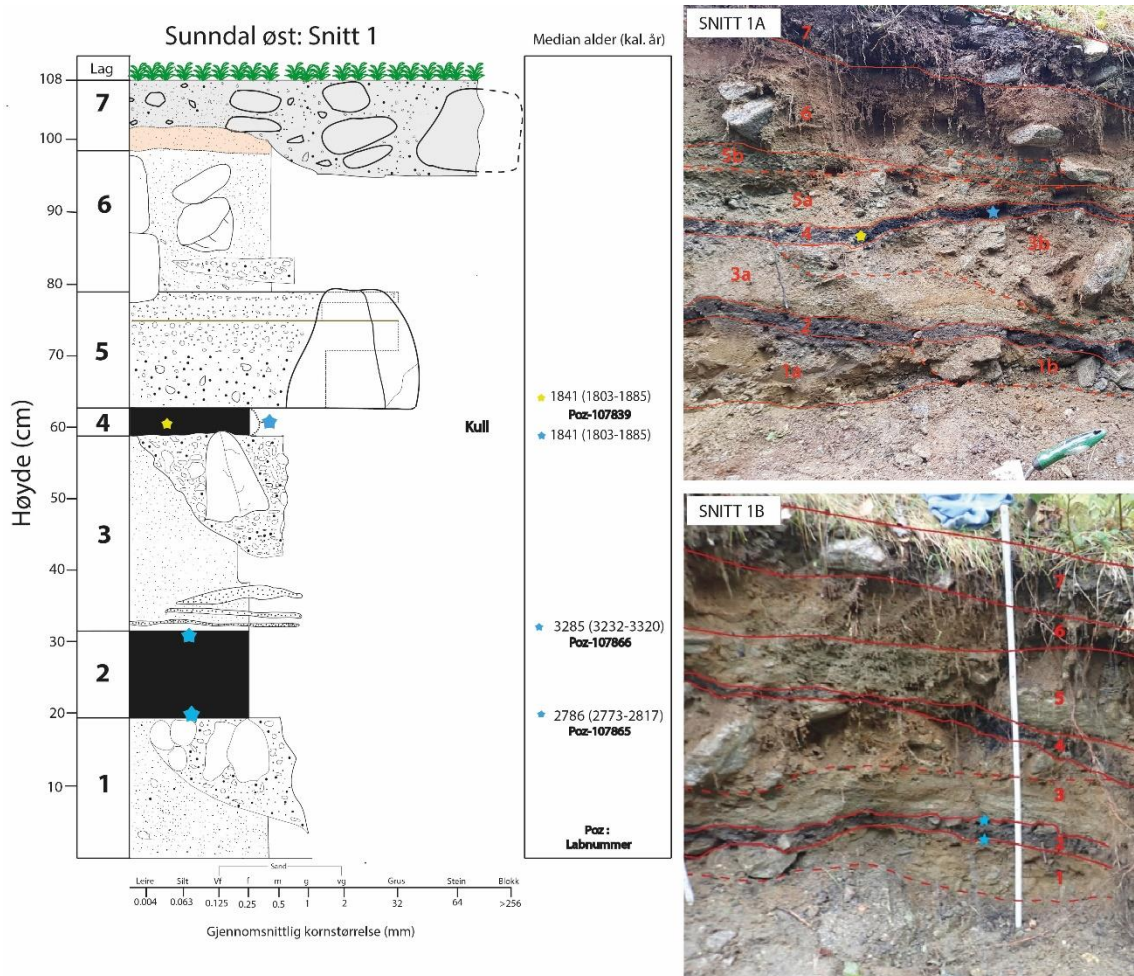


Figur 79: Venstre bilde viser overflatesedimentologien på en stein- og blokkrik overflate som tolkes som snøskredavsetning over flomskredavsetning. Sedimentene på overflaten har åpent rammeverk og er løst konsolidert. Partiklene er ustabil orientert på hverandre. Observasjoner rundt detaljfotoet indikerer levéer og flomskredsediment under overflaten. Høyre bilde er et oversiktsfoto (GigaPan), hvit firkant markerer omtrentlig plassering av detaljfotoet (tilsvarende ikke 1x1m observasjonspunkt). Feltarbeid utført 5. oktober 2018.



### 3.6 Radiokarbondatering og stratigrafisk tolkning fra masteroppgave

Ved viftesystemet Sunndal øst er det eksponert et naturlig snitt med minst 7 forskjellige lag, hvor det er utført prøvetaking for radiokarbondatering i torvlaget 4 og 2 (Mangersnes, 2020). Se Vedlegg 3 (Snitt 1, Sunndal øst) for lokalitet. I lag 2 er det sendt inn dateringsprøver (bulk) fra topp og bunn av torvlaget, mens for lag 4 er det sendt inn både bulkprøve av sedimentet og en makrofossilprøve (kull). Resultatene fra dateringene samt tilstedeværelsen av skredavsetninger indikerer at dette punktet på viften har vært aktiv over de siste 3000 årene med gjentatte flomskred.



Figur 80: Logg fra flomskredløp ved Sunndal øst, hvor minst 7 forskjellige lag er eksponert. Stjernene representerer prøvetaking for radiokarbondatering, hvor gul = kullbit og blå = bulkprøve. Foto av snittet er delt opp i Snitt 1A og Snitt 1B, hvor 1B ligger orientering til høyre for 1A. Arbeidet er fra masteroppgaven Mangersnes (2020)

Detaljert beskrivelse av sedimentologien utført av masterstudent (Mangersnes, 2020) (Figur 80):

- Lag 1 (0 – 20 cm)** har en varierende tykkelse, men er i gjennomsnitt ca. 20 cm. I lag 1 er det to forskjellige litologier, 1a og 1b. I den nordlige delen, mot apex, er laget matriksbåret med medium til fin sand (1a). Det er noen enkelt klaste som er spredt i matriksen. Klastene varierer i størrelse fra grus til mindre stein og er kantrundet til rundet. Sandlaget er massivt og godt sortert. Det har også en brunlig farge. I den sørlige delen av snittet (fig 3.) er de øvre fem cm lik som i sandlaget. Den matriksbårne sandenheten er kuttet av grusdominert enhet (1b) som er i samme lag (fig 2.). Det er også noen større klaste av stein i enheten. Klastene er kantrundet til kantet, der de elongerte klastene har en



svak a(p) orientering. Enheten er hovedsakelig matriksbåret, men det er også noen enkelte soner som er klastbåret. Matriksen består av medium til grov sand. Grusenheten er dårlig sortert og massiv.

- **Lag 2 (20 – 31 cm)** er ca. 11 cm tykt og består hovedsakelig av medium til fin sand. Laget er matriksbåret, der det er flere klaster som ligger spredt i matriksen. Klastene er kantrundet og varierer i kornstørrelse fra fin grus til mindre steiner. Lag 2 er svart og er kontinuerlig. Det ble tatt prøver til radiokarbondatering av organisk materialet i lag. Det ble sendt inn to prøver til datering, der prøvene som ble tatt var fra topp og bunnen av laget (Figur 80B).
- **Lag 3 (31 – 59 cm)** har en varierende tykkelse, men er ca. 28 cm der det er tykkeste. I lag 3 er det to forskjellige litologier, 3a og 3b (Figur 80A). Enhet 3a består av homogen, massiv og finkornet sand. Sandlaget er på det tykkeste 28 cm og 6 cm på det tynneste. Laget består av massiv mediumkornet sand og har en lett undulerende grense med lag 2. Sanden er godt sortert og har en brunlig farge. Innad i laget er det tre linser med grov sand. Disse linsene er tynne og har en tykkelse som varierer fra 0,8 – 2,5 cm. Den nedre linsen er kontinuerlig, mens de to andre linsene er diskontinuerlige. I tillegg til å ha en grovere sandfraksjon er disse linsene også lysegrå. Sandenheten kuttet av en grusdominert enhet. Den stiplede linjen på Figur 80A indikerer hvor sandenheten kuttet. Grusenheten (3b) er et diamikton, som på det tykkeste er ca. 22 cm og termineres mot apex. Enheten er massiv hovedsakelig matriksbåret med noen enkelte soner hvor det er kontakt mellom klaster. Matriksen består av grovsand til fin grus. Klastene varierer i kornstørrelse fra grus til stein, der den største klastene er ca. 20 cm. Enheten er dårlig sortert. Klastene er kantrundet til rundet og har en a(p)(i) orientering. Den største steiner er imbrikert, slik at den «står» oppreist. Klastene som ligger nord for denne steinen, mot apex, er delvis imbrikert og «klatrer» opp mot steinen. Sør for denne steinen er det mindre klaster, som ikke viser noe tegn til å ha noe orientering
- **Lag 4 (59 – 63 cm)** er ca. fire cm og består av medium sand. Laget er matriksbåret, der det er noen enkeltklaster som ligger spredt i matriksen. Klastene er kantrundet og har en kornstørrelse som er grus. Lag 4 er svart og er kontinuerlig. I tillegg til å bestå av minerogent materialet er det også flere kullbiter som ligger i de øvre tre cm av laget. Det ble tatt prøver til radiokarbondatering av det organiske materialet i lag 4. Det ble sendt inn to prøver til datering av kullbit og en bulkprøve (Figur 80A).
- **Lag 5 (63 – 80 cm)** er ca. 17 cm tykt, dårlig sortert og har en svak lagdeling. Laget er tykkere mot apex og tynnes ut nedover. I den sørlige enden er den en klast som ligger i hele laget. I laget er det to forskjellige enheter. Den første enheten (5a) er 13 cm og viser til en normalgradering. I den første enheten er de nederste åtte cm hovedsakelig stein og grus, med en matriks av grov sand, men i grensen med lag 4 er det et tynt «beltet» med grov sand. Avsetningene er matriksbåret, hvor det er flere klaster av grus til stein som ligger spredt i matriksen. Klastene er kantrundet til rundet og viser ikke tegn til orientering. I de øvre fem cm er det en overgang til avsetninger som er tettpakket og på grensen til å være klastbåret. Klastene er kantrundet og har en a(p) orientering. Den andre enheten (5b) er 4 cm tykk. Enhetene 5a og b adskilles av et 0,5 cm tynt lag med brun sand. De nedre to cm er dominert av grov sand, mens de øvre to cm er grusdominert. Avsetningene med grov sand er matriksbåret, med flere små grusklaster som ligger spredt i matriksen. Klastene er kantrundet og har ikke en tydelig orientering. Det er skarp overgang til avsetningene som er grusdominert. De grusdominerte avsetningene er klastbåret, der klastene er kantrundet til kantet.
- **Lag 6 (80 – 98)** er ca. 18 cm tykt og består hovedsakelig av en massiv og homogen mediumkornet sand. I laget er det flere store steinklaster som ligger spredt i matriksen. Disse klastene «flyter» hovedsakelig i den sandige matriksen og opptrer alene, men det er også i et området hvor det er kontakt mellom to steiner (Figur 80A). Klastene har en svak a(p)-orientering. Figur 80A viser også at det er avsatt en linse med grus mellom 82 – 84 cm. Denne linsen ender i en av steinklastene som ligger i laget. Laget har en lys brunfarge.
- **Lag 7 (98 – 108 cm)** har en varierende tykkelse der det er gjennomsnittlig 10 cm, mens det er 13 cm på det tykkeste. Enheten er hovedsakelig matriksbåret og har en matriks av grov sand og grus. Avsetningene er også lokalt klastbåret. Klastene «flyter» i matriksen og har en ansamling mot toppen av laget, da særlig mot apex. Klastene har også en a(p)(i)-orientering og er kantrundet.

### Tolkning av sedimentologien utført av masterstudent (Mangersnes, 2020):

Avsetningene i snittet stammer fra flere skredhendelser. Medium, godt sortert og massiv sand i lag 1 tyder på at det er avsatt av vannholdige prosesser (Blikra og Nemeč, 1998; Matthews mfl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Mangel på stratifisering tyder på at laget er avsatt hurtig av kolluviale prosesser. Det massive sandlaget



ble trolig avsatt distalt fra et flomskred som gikk i området, som gikk som en følge av ekstremnedbør eller kraftig snøsmelting (Blikra og Nemec, 1998; Sletten og Blikra, 2007). Flomskredet har da trolig spredt seg og tapte fart og blitt avsatt raskt. Dette er også beskrevet av Blikra og Nemec (1998), Matthews mfl. (1999) og, Sletten og Blikra (2007). I etterkant av avsetning har sandlaget blitt erodert av en ny skredhendelse. Kantrundene til runde klaster, en erosiv grense og en variasjon mellom at det er matriksbåret og klastebåret tyder på at avsetningene trolig stammer fra et flomskred. Da noen klaster i grusenheten viser til en a(p)-orientering, samt at flomskredet har erodert inn i sandlaget, tyder det på et høyt vanninnhold (Blikra og Nemec, 1998). Enheten er trolig avsetninger fra et høy-viskøst flomskred.

Lag 2 er et kontinuerlig lag med torv. Laget består av organisk materialet og viser til en periode hvor denne delen av skredviften hadde lav skredaktivitet. Torvlaget skiller seg fra de ved snitt 1 og 2 på Snøva, da er mer minerogent materialet. Det kommer trolig av at snittet er mer proksimalt og kan bli påvirket av avsetninger fra større snøskred og steinsprang. Da det minerogene innholdet er høyt, er laget trolig blitt dannet som et resultat av utvaskingsprosesser og steinsprangaktivitet (Innes, 1983). Resultatene fra radiokarbondateringer viser til at den nedre delen av torvlaget er 2786 ( $\pm 31$ ) kal. år BP, mens den øvre delen er datert til å være 3285 ( $\pm 35$ ) kal. år BP. Årsaken til at den øvre delen av laget er eldre enn den nedre delen kan skyldes en eller flere prosesser. Ifølge Blikra (1994) og Blikra og Nemec (1998) kan prosessene som påvirker alderen være erosjon, og transport av organiske materialet i fra øvre deler av skredviften gjennom skredprosesser, mens Matthews (1985) og Karlén (1988) viser til at deformasjon av eksisterende organiske lag, bioturbasjon, røtter og fysisk forvitring, også er mulige feilkilder.

Lag 3 viser trolig til en periode med økt skredaktivitet i området. Da laget hovedsakelig består av fin til medium sand, som er godt sortert, er det trolig avsatt av vannholdige prosesser. Da sandlaget er massivt, er det trolig avsatt av hyperkonsentrerte vannstrømmer (Blikra og Nemec, 1998; Matthews m.fl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). De tre linsene med grov sand tyder enten på variasjoner i den samme skredprosessen eller at det har vært flere hendelser. Da de forekommer som linser, viser de trolig til tre forskjellige skredhendelser. I etterkant av avsetning har sandenheten blitt erodert av en ny skredhendelse.

Lag 4 er et kontinuerlig lag med torv. Laget består av organisk materiale, der kullbitene viser til at det var en skogbrann i området. Datering av en kullbit og en bulkprøve fra laget ga samme alder (tabell x), som var på 1841 ( $\pm 44$ ) kal. år BP. Skogbrannen rundt 1841 ( $\pm 44$ ) kal. år BP førte trolig til økt nedbrytning av organisk materiale, slik at et kontinuerlig torvlag ble dannet. Torvlag induisert av en skogbrann er også beskrevet av Durno og McVean (1959) og Innes (1983).

Lag 5 er en grusenhet som er avsatt av flere skredhendelser. Det brunlige sandlaget som adskiller enheten viser til at det utviklet seg et tynt jordsmonn, som utviklet seg etter en kort periode med lav skredaktivitet. Både enhet 5a og 5b er trolig avsetninger fra vannstrømmer eller lav-viskøse flomskred med et høyt vanninnhold. Det tynne «beltet» med grovsand antyder at det var en viss skjærkraft med overflaten av viften, mens a(p)-orienteringen indikerer at skredet var turbulent (Blikra og Nemec, 1998). Når fronten på et lavviskøst flomskred sprer seg og stopper, vil den turbulente «halen» ofte føre til en innfylling av sedimenter. Det blir da avsatt et tynt lag med stein til grus, med en sandig matriks, i fronten av loben fra de resterende vannmassene som slippes ut. Ettersom lag 6 hovedsakelig består av massiv sand som er mediumkornet antyder det at laget er avsatt av vannholdige prosesser (Blikra og Nemec, 1998; Matthews m.fl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Flytende klaster og mangel på stratifisering antyder at avsetningene er avsatt av en vannstrøm, som trolig er utløst av kraftig nedbør eller snøsmelte (Blikra og Nemec, 1998). Vannstrømmen var trolig ikke begrenset i et skredløp og spredte seg utover skredviften som en «sheetflow» på en vannmettet overflate. Ifølge Blikra og Nemec (1998) vil et slikt skred være superkritisk. Det fører til at den kan frakte med seg steiner og løsne større klaster. Vannstrømmen har dermed resedimentert finstoff og større klaster fra den øvre delen av skredviften.

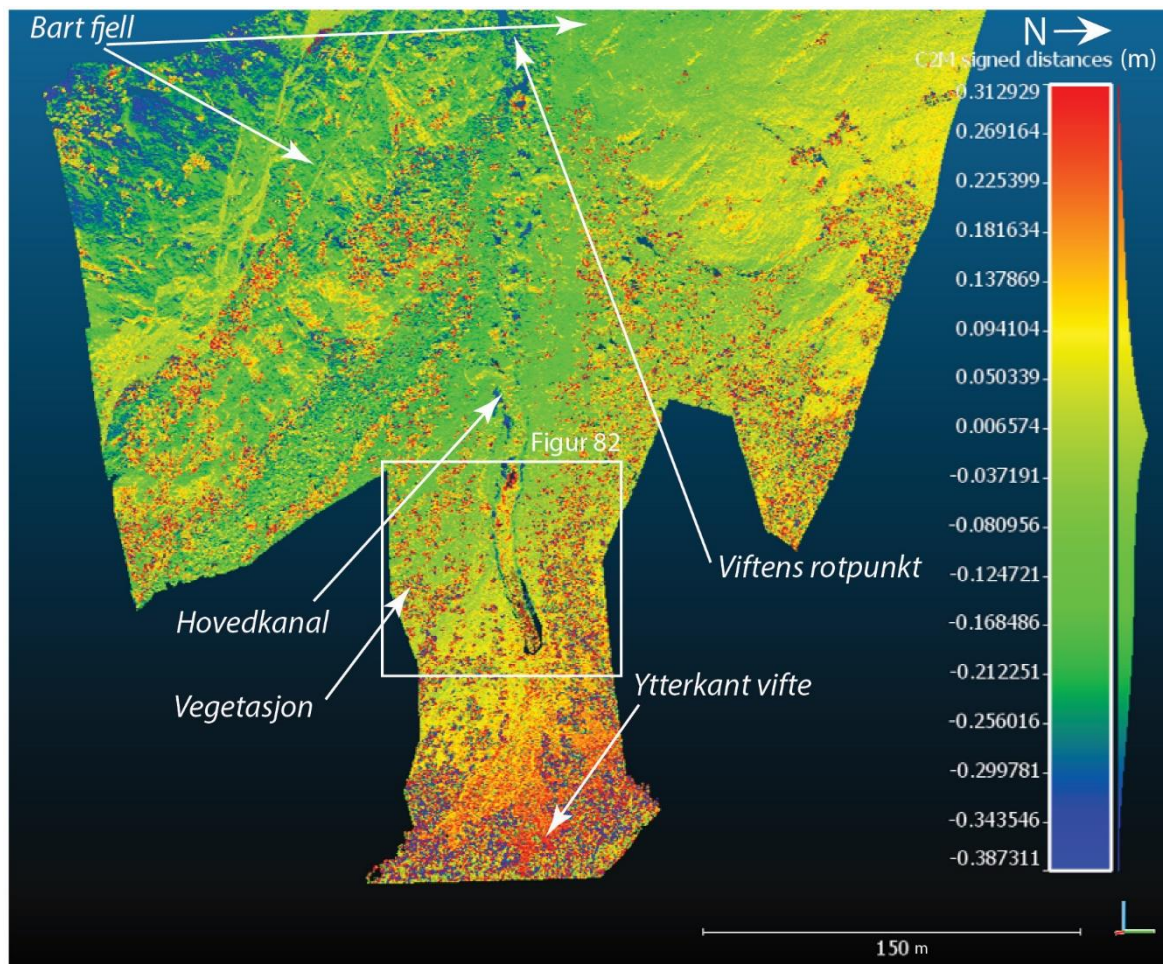
Avsetningene i lag 7 stammer trolig fra et kohesivt og høyviskøst-flomskred. Dette kommer av avsetningene er matriksrikt, med en svak inversgradering der flere større klaster «flyter» i matriksen. Laget er også tabulært, noe som kjennetegner høyviskøse flomskred (Blikra & Nemec, 1998) I flomskredet har det vært et relativt lavt vanninnhold, noe som ga lite turbulent strøm (Blikra, 1994; Nemec og Steel, 1984). Ifølge Nemec & Steel (1984) vil intens skjærdeformasjon mellom bunnen av slike flomskred og den kolluvialviften føre til at større klaster «presses» opp og avsettes.



### 3.7 Sammenligning av gjentatt lidarskanning for Drivdalen

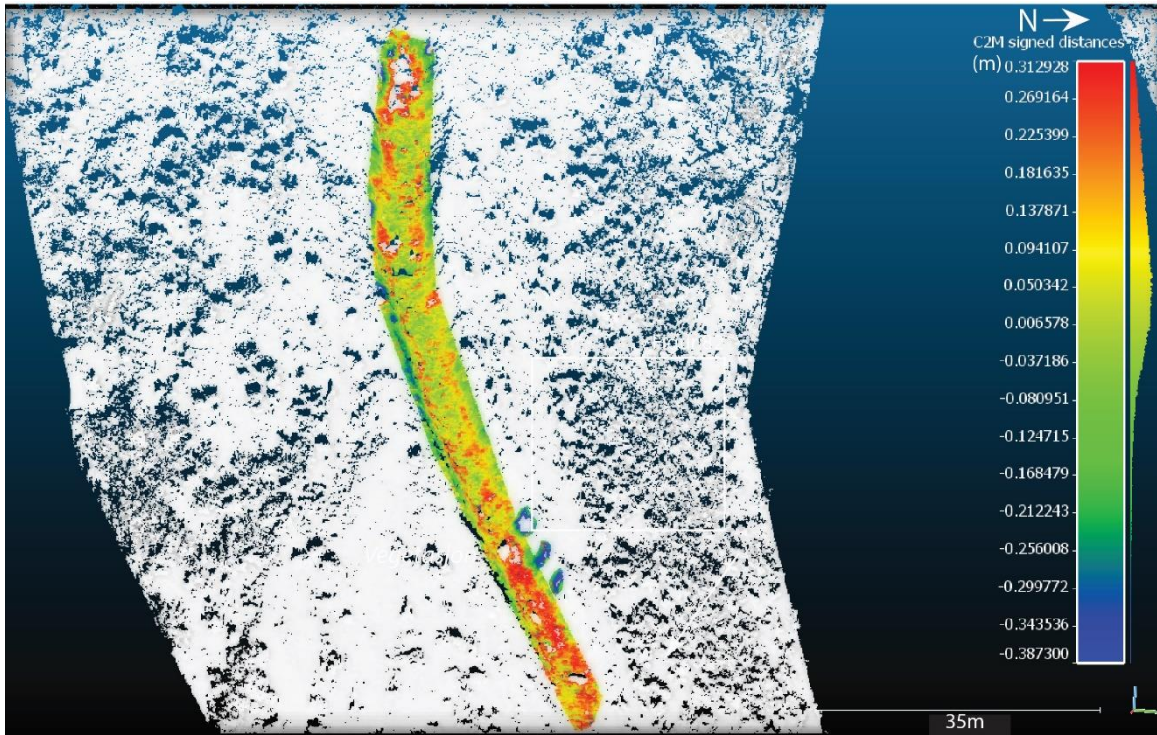
Det har blitt skannet med lidar en gang i året mellom 2016 og 2019, men i denne rapporten har det kun blitt brukt start og sluttår i en test av metodikk for å kvantifisere endringer i viftens overflatemorfologi. Resultatet av sammenligningen presenteres som forandring i distanse mellom den eldste og yngste punktskyen (Figur 81). Rød farge nederst på viftesystemet representerer ikke en reell akkumulasjon av materiale, men kun dårlig georeferering av datasettene grunnet for få kalibreringspunkter i denne delen av kartet.

Det er kun avdekket overflateendringer i det aktive flomskredløpet, hvor det i løpet av 4 år er akkumulert opp til 30 cm med nytt materiale (Figur 81 og 82). Siden det ikke er tegn på erosjon langs flomskredløpet, kan det tyde på at det tilførte materialet er avsatt fra snøskred fra høyere opp i terrenget.



Figur 81: Resultat av sammenligning av punktsky mellom 2016 og 2019. Figuren viser reell forandring illustrert med farge, hvor grønn farge representerer ingen endring og rød er endring i overflaten. Rød farge nederst på viftesystemet representerer ikke en reell akkumulasjon av materiale, men kun dårlig georeferering av datasettet grunnet for få kalibreringspunkter. På 4 år er det oppmålt ca 0.30 m akkumulasjon av materiale i det aktive flomskredløpet sentralt på viften. Analysen er utført i Cloudcompare.





Figur 82: I denne figuren er kun data med reell forandring illustrert med farge. Sett over 4 år er det oppmålt ca 30 cm akkumulasjon av materiale i det aktive flomskredløpet sentralt på viften. Analysen er utført i Cloudcompare.







## 4. DISKUSJON

Prosjektet la primært opp til studie av flomskred- og sørpeskredavsetninger på komplekse viftesystemer, men det har i løpet av prosjektperioden ikke gått noen sørpeskred på de aktuelle viftesystemene. Diskusjonen vil derfor konsentrere seg om karakterisering og analyse av flomskred- og snøskredavsetninger.

I dette kapittelet blir resultatene fra de ulike analysene diskutert, herunder delt opp i:

- Evaluering av prosjektmetodikk
- Forståelse av oppbygning av komplekse viftesystem
  - Utvikling siden siste istid
  - Sedimentologisk signatur av steinsprang-, snøskred- og flomskredavsetninger
  - Morfologisk signatur av steinsprang-, snøskred- og flomskredavsetninger
  - Kombinasjon av flere skredtyper på samme overflate
- Tilpasse nye SOSI-koder
- Forslag til oppfølgende arbeid

### 4.1 Evaluering av prosjektmetodikk

Utgangspunktet i prosjektet var et gitt budsjett og en tidsramme, og metodikk ble valgt i overenstemmelse med rammevilkårene. Det ble etterstrebet konsekvent gjennomføring gjennom prosjektperioden, med noen tilpasninger grunnet vær og generelle skredforhold.

#### 4.1.1 Fotografisk monitorering

Monitoreringen av viftesystemer med fast montert kamera var meget vellykket i prosjektperioden, vi opplevde ingen dager med nedetid på kameraene. Erfaringen så langt er at monitoreringssystemet passer godt til automatisk overvåking av skråninger, men krever god planlegging av kameraplassering. Det viste seg etter hvert at Sunndal øst ikke var så godt egnet med tanke på plassering av kamera som det først fremstod, da kombinasjonen av undulerende skredløp og tett vegetasjon bidrar til at det var vanskelig å se nye skred på bildene.

For prosjektets formål var det planlagt 6 bilder per dag for å ta høyde for varierende vær- og lysforhold slik at minst ett bilde per døgn hadde tilstrekkelig kvalitet. Siden kameraene har fotografert til faste tider (kl. 1.00, 5.00, 9.00, 13.00, 17.00, 21.00) varierer det over året hvor mange foto per dag som er tatt i dagslys. På vinteren betyr dette at det i lange perioder var kun 2-3 bilder per dag som kunne brukes. Ved snøstorm, lave skyer og kraftig nedbør er kvaliteten på bildene noe redusert, men det er få bilder i tidsfølge som har den typen problemer. Det tekniske systemet bedømmes derfor som optimalt fungert gjennom prosjektperioden.

Analysen av bildene for deteksjon av nye skredhendelser og utløpsområder er utført av tre ulike personer i løpet av prosjektet. Det var ikke tid til å få gjennomført en strukturert sidemannskontroll, noe som er en klar svakhet. Identifiseringen av skredtypene fra bildene har også gjennomgått utvikling i løpet av prosjektet. Helt i oppstarten av prosjektet ble snøskred forsøkt klassifisert etter hvordan skredene løsnet (flaksskred og løssnøskred), men det viste seg at det generelt ikke var mulig å se løsneområdet tydelig nok for å gjøre denne inndelingen



på alle skred. Deretter prøvde man å skille mellom våte og tørre snøskred (med og uten iblandet jord), men dette ble for usikkert da bildene hadde for dårlig oppløsning og varierende lysforhold. Resultatene i denne rapporten er derfor oppdelt i flomskred og snøskred med og uten iblandet jord (Figur 26, Figur 28 og Figur 30). I analysene ble det ikke benyttet værdata fra Senorge.no for å skille snøskredtype, noe som ville ha gjort bedømmingen bedre. Det har ikke vært tilgjengelig tilstrekkelig timeressurser til å gjennomføre den nøye sidemannskontroll som ville vært nødvendig for å skille våte og tørre snøskred.

Generelt var det vanskelig å oppdage nye steinsprang og mindre snøskred på bildene. Årsaken var at kameraene var installert et godt stykke unna utløpsområdet for å dekke hele viftesystemene, noe som innebar at bildene fikk redusert oppløsning ved kraftig forstørrelse. I tillegg var lysforholdene ofte svært varierende, spesielt på vintertid, hvor sterkt sollys ble reflektert fra snø eller overskyet vær førte til hvitt lys som «visket ut» snøoverflaten. Erfaringer viser oss at det hadde vært gunstig å fått utført Gigapixel-foto flere ganger løpet av året, spesielt i snøskredsesongen, for å få bedre kontroll over sedimenttransport i våte og tørre snøskred.

Fordelen med systemet er at det krever liten teknisk oppfølging (minimum 1-2 ganger besøk per år), men det er meget tidskrevende å gjennomgå alle bildene. For å lette arbeidet hadde det vært gunstig med tilgang til bildene fortløpende via nettløsning. Totalt sett bedømmes det dog at resultatene er veldig gode for heldekkende monitorering av viftesystemene.

#### 4.1.2 Overflatesedimentologi

Overflatesedimentologien på viftene er systematisk dokumentert ved bruk av vertikal fotografering og felt beskrivelser av 1x1m firkanter. Denne metodikken er noe mer brukt i ren sedimentologi (Zagórski mfl., 2019) i situasjoner hvor det er vanskelig teknisk eller økonomisk å ta store sedimentprøver. Metodikken ble også valgt for å fokusere på de sist avsatte materialene, da disse kan knyttes opp til skredhendelser fra monitoreringen. I tillegg er det i kvartærgeologisk kartlegging oftest kun overflaten som er tilgjengelig for inspeksjon og det er viktig å ha en så objektiv metode som mulig for å sammenligne kornstørrelse, korntype og orientering på overflaten med ulike avsetningstyper. Det har vist seg å være en god metodikk for å kunne vurdere en objektiv og systematisk dokumentasjon av overflatesedimentologien. Det er viktig å kombinere fotoene av 1x1m firkantene med oversiktsbilder for å få et helhetlig bilde av systemet, og hvordan firkantene ligger i forhold til overflatemorfologi. Et viktig utgangspunkt var å lage en metodikk som kan brukes også ved kartlegging, og hvor data (fotografier) kan oppbevares og evt. analyseres videre med automatiske metoder.



## 4.2 Forståelse av oppbygning av komplekse viftesystem

### 4.2.1 Utvikling siden siste istid

Siden deglasiasjonen har skrederosjon og avsetning av skredavsetninger vært en dominerende prosesser for dalsidene i Sunndalen og Drivdalen. Dateringer utført i Mangersnes (2020) viser gjentatt aktivitet på Sunndal øst i hvert fall de siste 3000 årene. Skjæringen som er datert er kun 1 m høy og jamført med viftens stormorfologi kan en anta at det er flere meter avsetninger under lokaliteten (Vedlegg 3, Figur 1), som indikerer aktivitet på viften siden siste istid.

I **Sunndalen** viser viftene i dag at flomskred og snøskred er de dominerende skredtypene, mens det kun stedvis er kartlagt steinsprang- og steinskredavsetninger. Steinsprangavsetningene er hovedsakelig observert i øvre delen av viften opp mot de steile fjellsidene. Det er også kartlagt enkelte store steinsprangblokker og steinskredavsetninger i nedre del av viftesystemene. Disse kan linkes til større kildeområder som består av vertikale fjellsider og flere v-formede innskjæringer med arr etter både små og store utfall av fjell. Sunndal vest skiller seg ut med spredte soner av meget store blokker i nedre del av viftesystemet og dalbunnen (se svart stiplet linje, Figur 32). Avsetningen er ikke typisk for fjellskred med «normalt» utløp, da de ligger i adskilte soner og er delvis begravd av sandig materiale. For å forklare prosessen bak denne typen avsetning og landformer tolkes det at på slutten av siste istid ble mindre fjellskred avsatt på toppen av en dalbre. Når den siste isen så smeltet og trakk seg tilbake ble glasifluviale elvemateriale avsatt rundt og over fjellskredavsetningene. Noe breis smeltet sikkert ved selve skredet og pre-eksisterende strukturer i isen kan ha påvirket hvordan skredavsetningene endte opp på, og senere smelte ut av, breisen. Det er også mulig at fjellskredet skjedde i en noe senere fase av isavsmeltingen, etter at dalbunnen var isfri, og forårsaket en oppdemming av en mindre innsjø med smeltevann, hvor noe av de sorterte sandige sedimentene ble avsatt. Imidlertid er den uregelmessige fordelingen av blokkrike avsetninger i dalbunnen slik de ligger i dag er uforenelig med en oppdemming til betydelig høyde.

I **Drivdalen** er viften i dag dominert av snøskred- og flomskredavsetninger, med noe spredte steinsprangblokker på overflaten. Viften ligner ellers på systemene i Sunndalen, men skiller seg ut ved at den kun har ett asymmetriske v-formet kildeområde fra en kløft i fjellsiden. Det er i øvre del, mot apex, en ansamling av store blokker fra steinsprang eller steinskred som er delvis begravd i flom- og snøskredavsetningene. Tatt i betraktning av at det er et relativt stort fjellvolum som «mangler» i fjellsiden over, er mest trolig de sentrale delene av viften bygd opp av steinsprang og steinskred avsetninger. Sentralt på viften er det i dag ett tydelig innskåret flomskredløp med noe forgrening. Nord for det aktive løpet er det i ytterkantene (både lateralt og ned fra apex) spor etter eldre flomskredmorfologi (kanaler og levéer) hvor morfologien er noe utydelig/utvisket på skyggekartet (se lokalitet 9, 10 og 15, Figur 42). Denne undulerende overflaten har et velutviklet vegetasjonsdekke, og synlig stein er kantrundet og dekket med stor andel lav. Stedvis skiller de gamle kanalene/grøftene seg ut fra «normal» flomskredsignatur siden de er brede og mangler tydelige levéer (se lokalitet 15 på Figur 42). En stor del av viften er i dag påvirket av snøskredavsetning, både nord og sør for det aktive flomskredløpet. De aktive steinsprangsområdene er stort sett begrenset til den sørlige kanten av viften hvor det er avsatt en steinsprangsur som ikke viser tegn til andre prosesser (Vedlegg 4, Fig.3).



Etter deglasiasjonen har trolig forvittrings og steinsprangs prosesser vært aktive på alle viftesystemene. Steinsprangavsetninger har trolig bygget seg opp allerede før isen trakk seg helt unna. Snøskred har så transportert noe av steinsprangmaterialet videre ned skråningen. Etter hvert som det bygde seg opp mer sedimenter vil det være mulig for jord- og flomskred å utløses, gitt tilstrekkelig bratt skråning og finkornete sedimenter. Det kan også antas at veldig våte snøskred i noen tilfeller har erodert løsmasser for så å utvikles til kanaliserte jordskred eller flomskred

Landskapsutviklingen siden siste istid kan kort oppsummeres slik:

1. Isavsmelting eksponerer bratte, ustabile fjellsider
2. Ett eller flere mindre fjellskred, eller større steinskred, utløses og avsettes i nedre del av skråningen og dalbunnen, eventuelt oppe på bre-rester (Sunddalen vest).
3. Breelvmateriale avsettes oppå og rundt de blokkrike fjellskredavsetningene (Sunddalen vest).
4. Det er en kontinuerlig steinsprangaktivitet fra øvre del av fjellsiden. Denne aktiviteten var muligens ekstra stor rett etter isens nedsmelting grunnet trykkavlastning i fjellet, men kan også ha økt noe over tid da forvitring hele tiden frigjør flere steiner.
5. Snøskred kan ha vært en aktiv prosess helt fra isavsmeltingen. Snøskredene vil da ha avsatt materiale lengre ned mot dalbunnen enn steinsprang.
6. Ettersom det over tid har blitt avsatt sedimenter på skråningene, kan disse være kildemateriale for flomskred i forbindelse med snøsmelting og nedbørsepisoder i den varme sesongen. Flomskredaktiviteten kan ha blitt mer hyppig ettersom steinsprang- og snøskredavsetninger gjennom forvitring brytes ned til mindre kornstørrelsefraksjoner som lettere kan bygge opp internt porevanntrykk.
7. Utfall av større steinsprang og/eller steinskred har skjedd episodisk, og disse større partiklene har endt opp langt ned på viften. Etter hvert blir blokkene begravd av påfølgende snøskred- og flomskredavsetninger.

#### 4.2.2 Sedimentologisk signatur av steinsprang-, snøskred- og flomskredavsetninger

På de studerte viftene er **steinsprang** en kontinuerlig prosess, slik som i de fleste alpine miljøer med vertikale fjellpartier. Denne studien har ikke hatt et stort fokusert på steinsprang da det viser seg at denne skredtypen er vanskelig å monitorere med foto. De har samtidig en tydelig begrenset rekkevidde sammenlignet med snøskred og spesielt flomskred.

Siden steinsprang er en prosess hvor en og en stein er påvirket av gravitasjon, er det sedimentologiske signalet veldig avhengig av størrelsen og egenskapene til de enkelte steinsprangene. Det er en tydelig kornstørrelsesfordeling over hele avsetningen, hvor de fineste partiklene ligger i øverste del av avsetningen og grovere materiale desto lengre ned fra kildeområdet en kommer (Blikra, 1994). Generelt ligger de største blokkene nederst i avsetningen, eller noen ganger utenfor selve hovedavsetningen. På de studerte viftene er det hovedsakelig i de øverste delene hvor det er kartlagt **steinsprangavsetninger** (Figur 11 til Figur 13). Materialet er karakterisert av skarpkantete partikler, som ofte er avsatt med åpne hulrom mellom partiklene. Hulrommene er knyttet til sorteringen som gjør at det sjelden er avsatt finkornet steinsprangmateriale på samme plass som det er avsatt stein og blokker. Partiklene ligger ofte relativt stabilt i forhold til andre partikler i steinsprangavsetningen på grunn av stor overflateruhet. Steinsprangblokker ligger også relativt stabilt på annet skredmateriale, da de ofte har trillet eller sklidd over overflaten den siste biten, frem til at de har satt seg fast i et søkk å sette seg fast i.

**Snøskred** har kapasitet til å transportere sedimenter (Blikra, 1994). Våre resultater viser at det mest diagnostiske for å skille mellom skredtyper er orienteringen/mangel på orientering av partiklene i forhold til hverandre. Når de ligger løst «balanserende» på hverandre virker dette være et tydelig tegn på **snøskredsavsetning** (Figur 83). Dette kan observeres både når snøskredtransportert materiale er avsatt på andre avsetninger (for eksempel flomskred), og når de er avsatt på tidligere snøskredavsetninger.

Det er også tydelig at snøskred ofte transporterer en stor andel små organiske partikler (erodert mose, blader mm.) fra kildeområdet og langs snøskredløpet. Disse kan over tid gi en organisk mold som egner seg til vegetasjon (Figur 84). Disse små partiklene vil rett etter et snøskred bli avsatt oppe på minerogene partikler. Dog er denne signaturen til dels kortlivet, da regn og neste års snøsmelting vil være i stand å flytte de små lette organiske partiklene ned i søkk eller hulrom. Etter noe tid kan det derfor fremstå som at det kun er ferske minerogene partikler på overflaten. Ferske minerogene partikler, også relativt små, spredt over en vegetert overflate er en typisk snøskredsignatur (Figur 84).

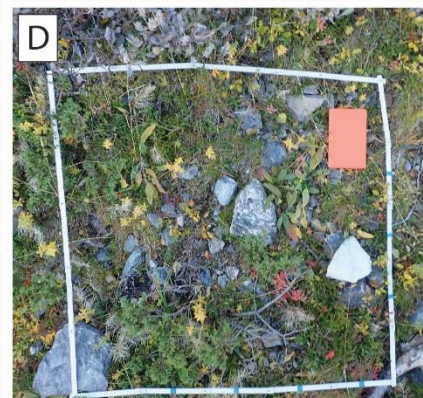
Snøskredavsetningene sine egenskaper er styrt av tilgangen til materiale langs skredløpet, og kan derfor variere mellom stein, blokk og finkornete partikler (Figur 84 til 87). Om det er mange løse blokker tilgjengelig langs skredløpet vil snøskredavsetningen derfor reflektere dette (Figur 86, Figur 87). Om det til motsetning er lite blokker langs skredløpet blir den permanente snøskredavsetningen oftest dominert av finkornet organisk materiale (Figur 84B).

En annen sedimentologisk signatur i snøskredavsetningene er at det i stor grad inneholder skarpkantete korn. Dette skyldes trolig at materialet stammer fra skarpkantete steinsprangavsetninger i øvre del av skråningen, og som under transport ikke blir erodert av korn til korn kollisjoner og smelter ut av snøpakken uten noen ekstra erosjon. I tilfeller hvor snøskred eroderer andre typer avsetninger, som for eksempel morene, vil rundingsgraden av partiklene i snøskredavsetningen gjenspeile dette. Med andre ord gjenspeiler snøskredavsetningene materialets opprinnelige egenskaper langs skredløpet.



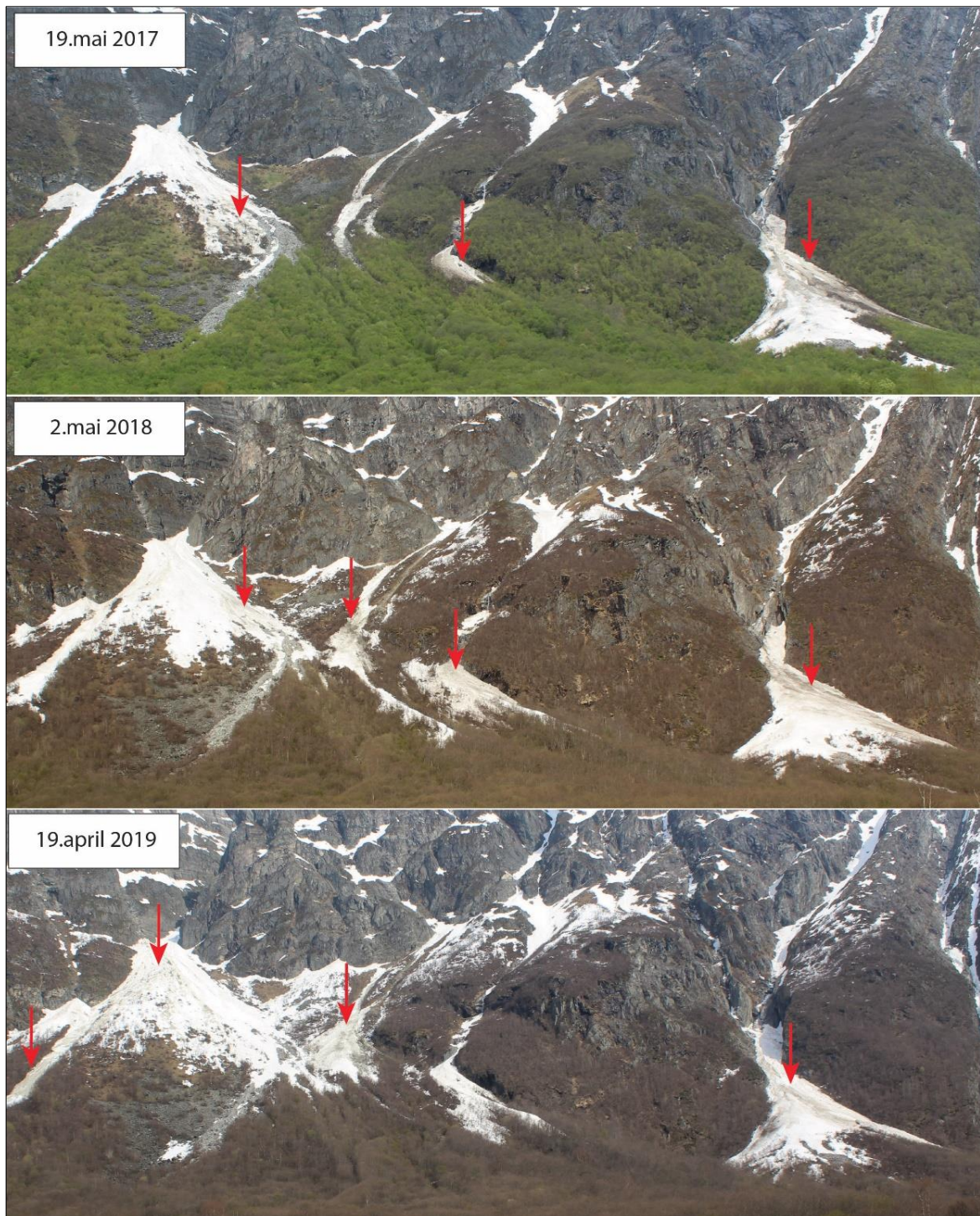
Figur 83: Eksempel på en snøskredavsetning hvor nylig avsatte steiner (uten lav) ligger balansert på hverandre.





Figur 84: Eksempel på snøskredavsetninger; A) rester av snøskred hvor transportert materiale smelter fram, B) organisk holdig snøskredmateriale som nylig har smeltet ut, C-D) mulig snøskred transportert stein som har smeltet ut oppe på en vegetert overflate.



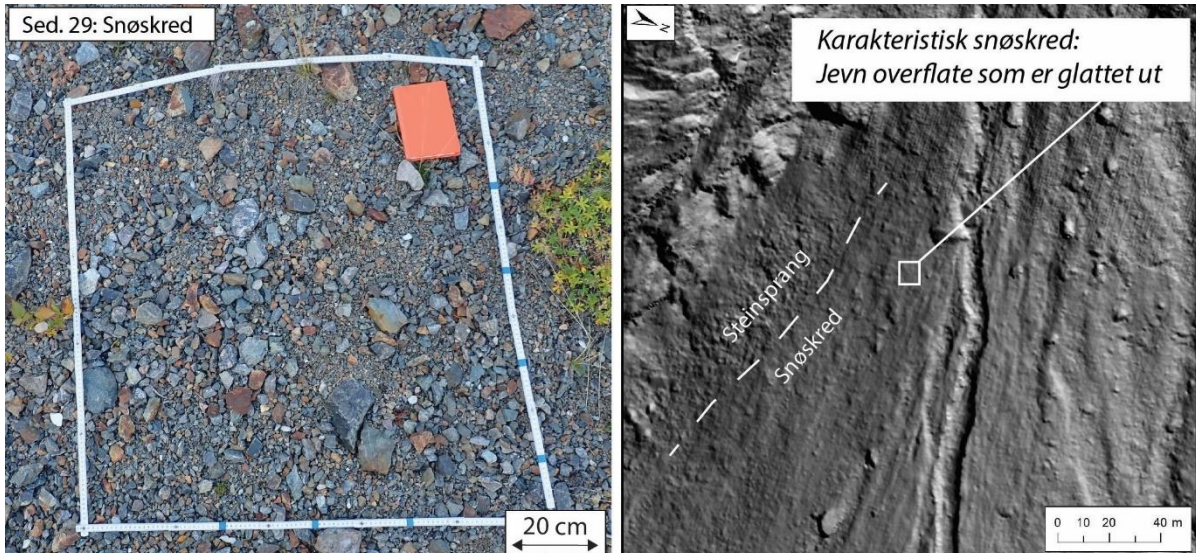


Figur 85: Spor etter sedimententer i snøen (markert med rød pil) ved Sunndal vest foto fra mai/april 2017 til 2019.





Figur 86: Snøskredavsetningen er drapert over skråningen og dekker delvis store steinsprangblokker. Noter lyse, ferske blokker, som er uregelmessig spredt over eldre avsetning. Merk mangel på lateral sortering av kornstørrelse.

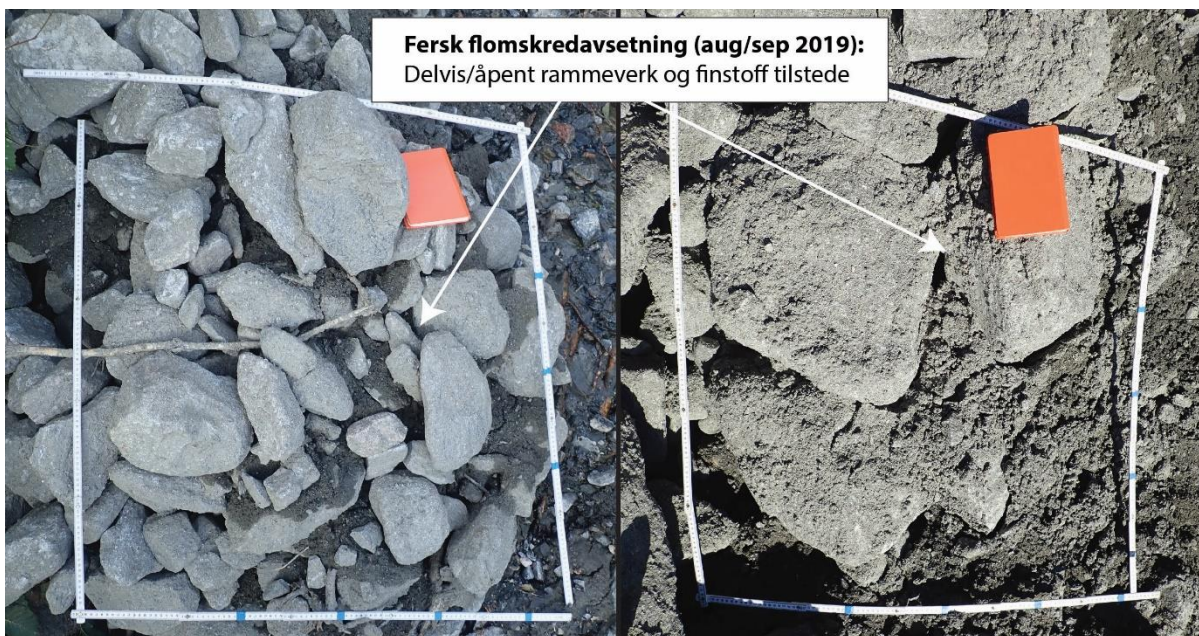


Figur 87: Eksempel på aktiv snøskredavsetning, med mangel på lateral sortering av kornstørrelse og en jevn overflatemorfologi. Steinene i observasjonspunktet mangler lavdekke og vegetasjon, hvilket tyder på de er nylig avsatt.



**Flomskredavsetninger** på de studerte viftene har ofte en tydelig bimodal kornstørrelsesfordeling (til forskjell fra snøskred og steinsprang), med sand og grus i matriks og større, ujevnt fordelte stein og blokker (Figur 88). Imidlertid vil sand og siltmateriale fra flomskredavsetninger bli vasket ut over noen år slik at et åpent rammeverk står igjen (Figur 89). Forandringen skyldes trolig erosjon og transport av mindre partikler gjennom overflateavrenning ved nedbør og «normal» snøsmelting. Denne prosessen resulterer også i kompaktering, eller stabilisering, av avsetningen som ser ut å «sette seg» over tid hvis det var mye finstoffer i originalmaterialet. Hvis det er en mindre andel finstoffer kan disse se ut til å bli nesten helt borte, slik at bare de større partiklene blir stående igjen i et åpent rammeverk. Siden de større partiklene i flomskredavsetningene i denne studien ofte er kantrundet eller rundet vil den gjenstående eldre avsetningen fremstå som ustabil da steinene ligger ustabil mot hverandre. Dette kan gjøre det vanskelig å skille mellom jordskred/flomskred og ulike typer snøskred.

Rundingsgraden til flomskredavsetningen er avhengig av materialet i løseområdet. Flomskredkanalene på viftesystemene er erodert ned i steinsprang-, snøskred- og/eller flomskredavsetning. Det er mulig at deler av avsetningene er eldre snøskred- og steinsprangavsetninger, hvor *in-situ* forvitring av materialet også har resultert i rundere partikler. I tillegg til denne pre-eksisterende rundingen skjer det trolig en rounding av partikler i selve flomskredene da det er turbulens og korn-til-korn interaksjon i skredmassen. Totalt sett gir det en tydelig signatur i overflatesedimentologien med en stor andel av kantrundete til rundete partikler i grus, stein og blokkfraksjonen. Sedimentologien til flomskredavsetninger er derfor slik som snøskred avhengig av kildematerialet. Det er dermed ikke mulig å skille ut flomskredavsetninger basert på sedimentologiske parametere alene.



Figur 88: Bilder av nylig avsatt levée fra flomskred (aug/sep 2019). Noter den høye andelen av finkornete partikler, både oppe på og imellom større kantrundete partikler.





Figur 89: Bilder av eldre levée fra flomskred. Noter åpent rammeverk (hulrom) og kantrundet partikler.

#### 4.2.3 Morfologisk signatur av steinsprang-, snøskred- og flomskredavsetninger

De morfologiske signaturene på skredvifter kan variere i størrelse, fra bare noen meter til så store at de definerer selve formen på viften.

Den morfologiske signaturen på **steinsprangavsetninger** ligner i stor skala på snøskredavsetninger. Imidlertid har steinsprangavsetninger ofte en noe brattere profil, og fremfor alt en morfologisk tydelig sortering i kornstørrelse. I storskala morfologien vil vi derfor se en ruere overflate nederst på avsetningene, med en konsentrasjon av store blokker (Blikra, 1994). Denne laterale sorteringen har sammenheng med energien til fallende blokker, som blant annet er avhengig av størrelse på blokker, overflateruhet og den totale høyde blokkene faller. Hvis det er et komplisert kildeområde, med for eksempel veldig ulik høyde på løsningsområdene, kan denne laterale sortering være mindre tydelig – spesielt innenfor et lite område på viften. Dette kan føre til at hele avsetningen har en mer uregelmessig overflatemorfologi, uten noen tydelig orientering.

**Snøskreddominerte avsetninger** har i studien en gjenkjennelig morfologisk signatur med jevn hellende overflate i stormorfologien som ser noe «glatt ut» på skyggekart og uten noen synlig lateral kornstørrelseforandring mellom øvre deler (nært apex) og mer distale deler (Figur 36: lokalitet 11b, Figur 45: lokalitet 12a). Denne mangel på kornstørrelse-fordelingen proksimalt og distalt fra snøskredkilden er et godt kjennetegn sammenlignet med steinsprangavsetninger, som også kan ha en jevn, «rett» overflate.

Spesielt på skyggekart over **snøskredavsetninger** kan det iblant sees tendenser til rette linjer/strukturer, med retning fra apex (eller kildeområde til snøskredene) og ut mot ytterkant av viften. Dette er ikke observert i denne studien, men er beskrevet blant annet i Blikra (1994) og observert i annen skredgeologisk kartlegging (Skei, 2015). Disse strukturer kan være vanskelige å se i felt, men noen ganger kan en se avsetning av en «hale» av mer finkornete materiale i «skyggen» av stein eller blokk, hvor lesiden er distalt fra apex.



Det er viktig å være klar over at snøskred som ikke plukker med seg materiale, ikke vil sette spor på overflaten. Dette betyr at snøskred kan være en aktiv prosess på en vifte selv om det ikke er morfologiske spor.

Morfologisk karakteristikk for **flomskred** er nedskårne kanaler og tilhørende levéer (Figur 32 og 32, lokalitet 10), samt konvekse lober (Figur 32 og 33, lokalitet 12) og tungeformer med langsgående utflatninger i ytterkant av systemet (Figur 38 og 39, lokalitet 12). I småmorfologien får vi da en veldig ujevn overflate med tendens til utstrakte, langsgående former i et dendrittisk, forgrenet mønster fra apex og mot kanten av viften (Figur 32 og 35). Dette sees tydelig i denne studien rundt lober hvor senere skred har svingt rundt, eller som tvinger senere skred å gå over kanten av et eksisterende løp, for så å grave et nytt løp ved siden av det eldre. Generelt ser vi at flomskreddominerte vifter eller deler av vifter har en rett eller svakt konkav langsgående profil som er slakere enn eksempelvis en steinsprangavsetning. Avsetningene går typisk lengre ut i dalbunnen enn steinsprangavsetninger, og oftest like langt eller lengre ut enn snøskredavsetninger.

Siden dette prosjektet ikke har monitorert noen **sørpeskredhendelser** er det fortsatt knyttet usikkerhet til sørpeskredavsetningers morfologiske og sedimentologiske signatur. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden disse vann- og energirike skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og da vil kunne få mer preg av flomskred i avsetningsområdene. Hvis sørpeskred har med seg snø helt ned i avsetningsområdene vil det være trolig at noe av den sedimentologiske signaturen til snøskred vil være en del av signaturen til sørpeskred.

#### 4.2.4 Kombinasjon av flere skredtyper på samme overflate

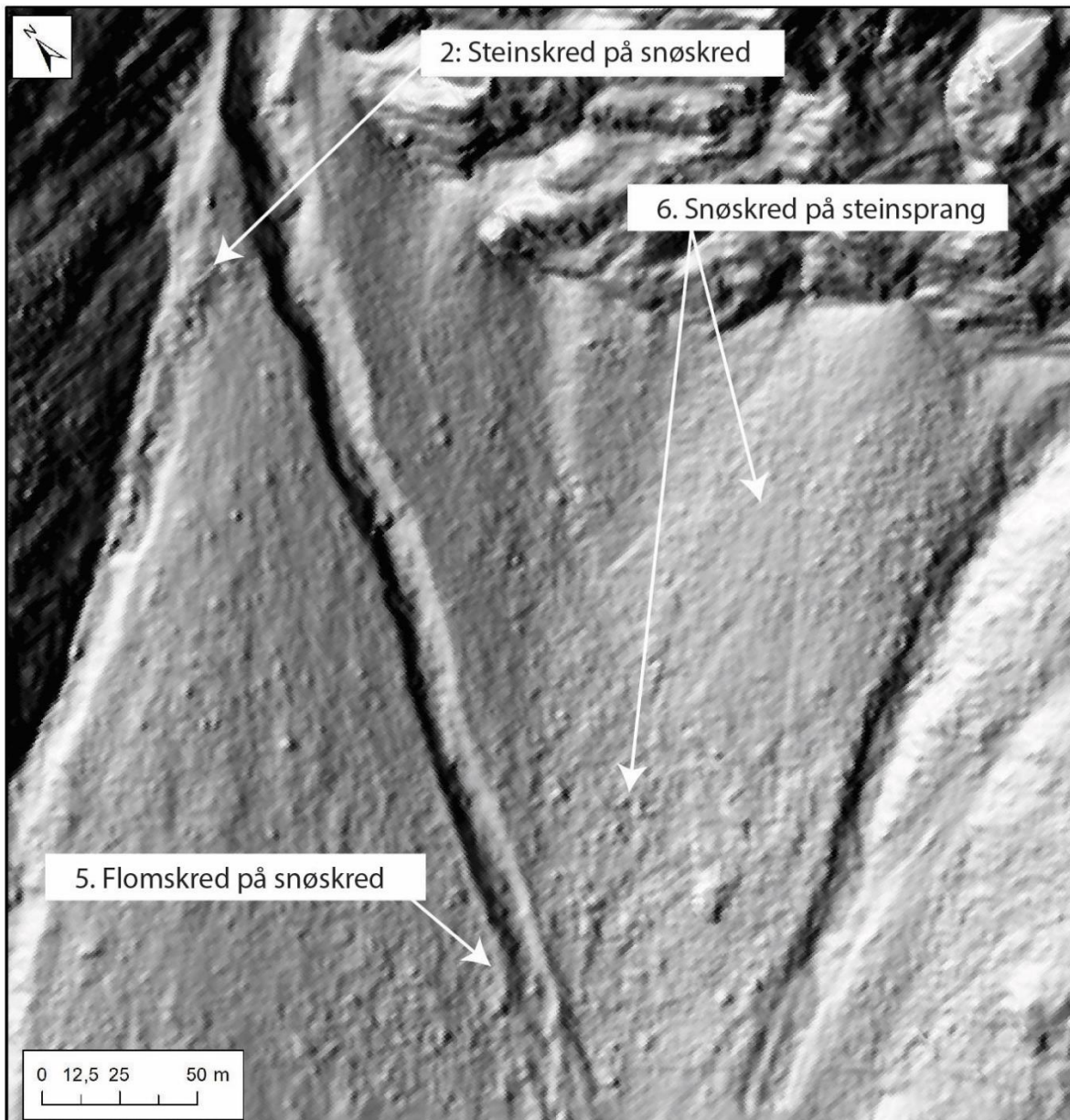
På en vifte er det ofte flere skredprosesser som er aktive samtidig, i tillegg til at dominerende skredtype varierer over tid. Viftesystemene i denne studien viser kombinasjoner av:

1. **Steinsprang på flomskred:** Enkelte skarpkantede steinsprangblokker ligger i bunnen av flomskredløp eller noe nedsenket oppe på flomskredavsetninger. Det kan finnes spor etter energirikt nedslag på sedimentene eller vegetasjon.
2. **Steinskred på snøskred** (Figur 90): Blokkrik overflate avsatt på toppen av snøskredavsetning.
3. **Flomskred på steinsprang** (Figur 91): Flomskredspor og avsetninger, kanaler og levéer, blir styrt rundt større steinsprangblokker.
4. **Flomskred på steinskred** (Figur 91): Det er kartlagt steinskredavsetninger som er sekundært påvirket av flomskredavsetninger. Flomskred har både blitt avledet og stedvis drapert over, steinskredavsetninger.
5. **Flomskred på snøskred** (Figur 90, Figur 92): Flomskredkanaler graver seg ned i den jevne snøskredoverflaten og levéer blir avsatt over tidligere snøskredavsetninger.
6. **Snøskred på steinsprang** (Figur 90): Snøskred kan over tid forandre områder som tidligere er dominert av steinsprang. Tegn på dette kan være enkelte store steinsprangblokker som er delvis begravd av mer finkornet, løst konsoliderte snøskredavsetninger. I områder med dominerende snøskredavsetning oppe på steinsprang vil den generelle kornstørrelsesfordelingen fra steinsprangavsetningen bli borte.

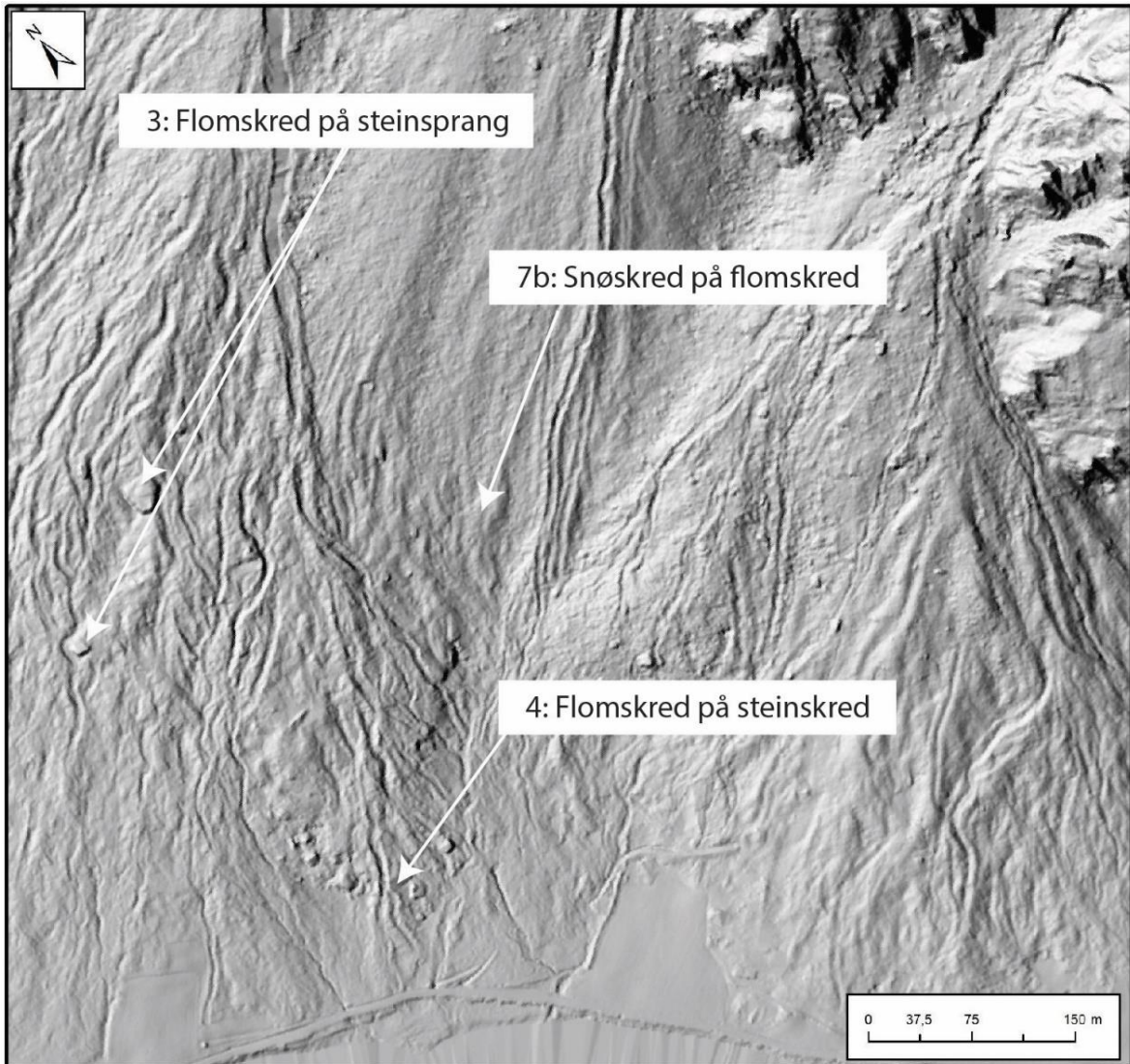


7. **Snøskred på flomskred** (Figur 91):

- a. Studien viser at snøskred kan følge eksisterende flomskredløp. Over tid avsettes det spredte snøskredavsetninger i disse løpene, som kan gjenkjennes som løst balanserende grus/stein/blokk over hverandre og varierende innhold av finkornet organisk materiale.
- b. Snøskred kan over tid glatte ut morfologien i områder som tidligere var dominert av flomskred. På skyggekart vises dette som områder med mer utvisket/utydelig flomskredmorfologi. Dette kan eksempelvis være levéer som er noe erodert på toppen gjennom snøskrederosjon. Dette kan også forklare hvorfor det er ansamling av løst konsolidert stein og blokk som fyller opp eldre flomskredløp.

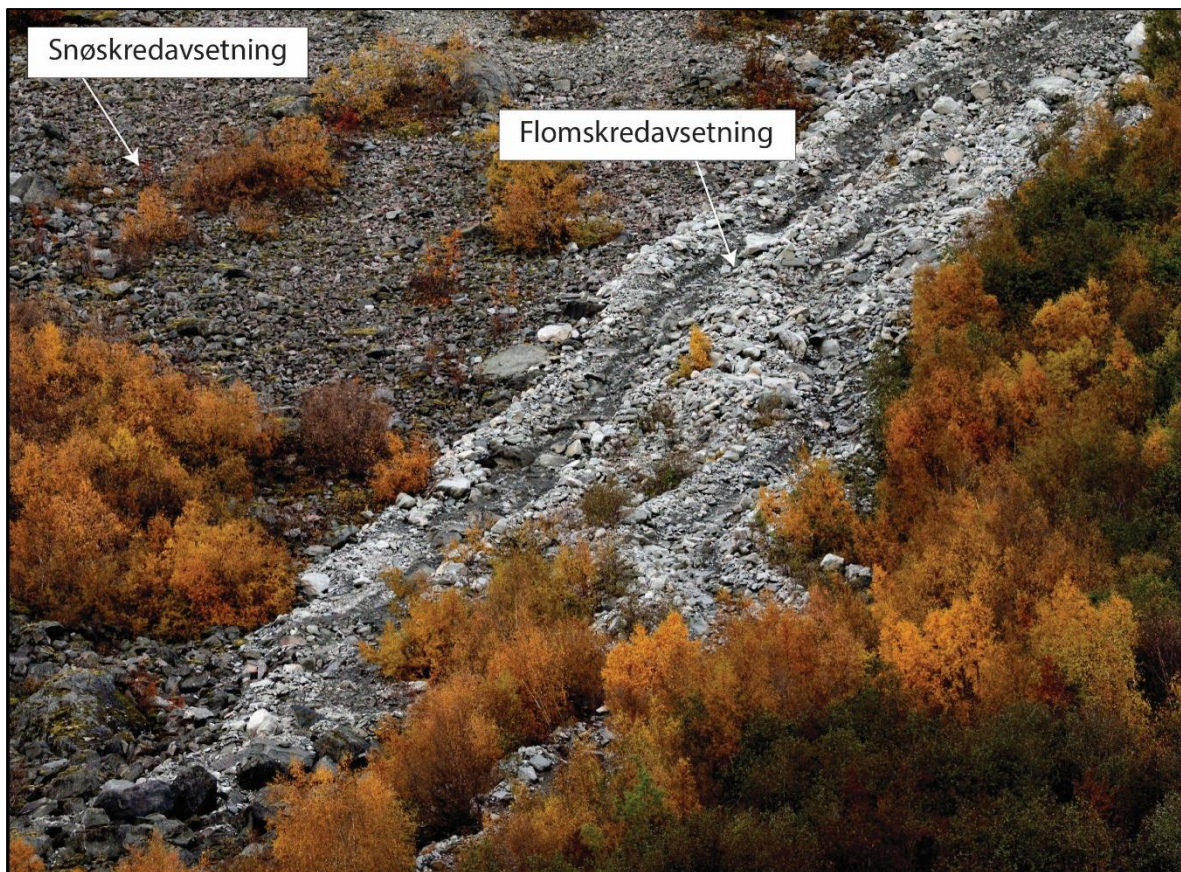


Figur 90: Skyggekart (1m oppløsning) over Sunndal vest som viser eksempel på kombinasjon av ulike skredtyper på samme overflate (DEM fra 2013).



Figur 91: Skyggekart (1m oppløsning) over Sunndal øst som viser eksempel på kombinasjon av ulike skredtyper på samme overflate (DEM fra 2013).





	MORFOLOGI	SEDIMENTOLOGI
<b>FLOMSKRED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nedskårne kanaler</li> <li>• Konvekse levéer</li> <li>• Tungeformer med utflatende langsgående profil</li> <li>• Generelt ujevn overflate med forgreinet kanalmønster fra apex og ut mot kanten av viften</li> <li>• Nedre del av vifter kan ha en svakere utviklet morfologi grunnet lav andel blokk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kan transportere alle kornstørrelser samlet, med helt eller delvis begravd større stein og blokk</li> <li>• Partikler kan være imbrikert</li> <li>• Finmateriale fra flomskredavsetninger vil over noen år bli utvasket, slik at et åpent rammeverk (hulrom) står igjen</li> <li>• Avsetningens sedimentologi er avhengig av materiale i kildeområdet</li> </ul>
<b>SNØSKRED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jevnt hellende overflate</li> <li>• Glatter ut eksisterende morfologi gjennom erosjon og jevn utsmelting av partikler på overflaten</li> <li>• Kan på overflaten vise rette linjeformer fra apex (Blikra, 1994)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generelt usortert og meget løst konsolidert (ustabilt) med jevn middels kornstørrelse</li> <li>• Gjentatt avsetning av finkornig organisk materiale vil over tid bidra til utvikling av vegetasjonsdekke</li> </ul>

Figur 92: Utdypende sammenligning av morfologisk og sedimentologisk parametere for snøskred- og flomskreddominert terreng. Foto (GigaPan) viser at et relativt ferske flomskred har gravd seg gjennom tidligere snøskred- og steinsprangdominert overflate, Sunndal vest.

### 4.3 Tilpasse nye SOSI-koder

Et av målet i prosjektet var å finne ut om vi trenger å tilpasse den norske SOSI-standarden for kvartærgeologiske kart til den senere tids økte kunnskap om komplekse skredavsetninger. Dette gjelder særlig parametere knyttet til sørpeskred. Siden det ikke var mulig å studere ferske sørpeskred på de studerte viftene så faller dette målet bort.

I anledning annen kartlegging ved NGU de siste årene har det vist seg at det er et behov for punktsymbol relatert til sørpeskredaktivitet. Dette har blitt inkludert i SOSI-standarden.

### 4.4 Forslag til oppfølgende arbeid

NGUs erfaringer fra faresonevurdering og kvartærgeologisk kartlegging viser at vi per i dag har for dårlig kunnskap om sørpeskredsavsetninger til å kunne skille dem fra snøskred- og flomskredavsetninger. Disse skredtypene er per i dag ikke differensierte ved detaljert kvartærgeologisk kartlegging. Eventuelle videre studier bør se nærmere på:

- Er det mulig å definere tydelige sedimentologiske og morfologiske kriterier for å kartlegge sørpeskredavsetninger? Hvordan endrer disse kriteriene seg over tid?
- Hvilke tydelige sedimentologiske og morfologiske parametere skiller sørpeskredavsetninger fra snøskred- og flomskredavsetninger?

Det er kjent at snøskred eroderer materiale, men selve erosjonsprosessen er dårlig dokumentert. På bakgrunn av dette bør det ses nærmere på hvorvidt:

- Våte og tørre snøskred eroderer på samme måte?
- Kan våte snøskred erodere kanaler ned i løsmasser, og hvordan vil disse kanalene skille seg fra rene flomskredløp?

Prosjektet har samlet inn en mengde data, men det har ikke blitt tid for å analysere i dybden og sett i sammenheng med vifteoppbyggingen. For eksempel når på året går skredene, når transporterer de sediment/jord, og hvor langt går skredene per i dag jamført med tidligere skred osv. I tillegg er det av viktig for videre forskning å koble registrerte skredhendelser fra monitoreringen til klimadata, noe som ikke var målet i denne studien. Datasettene fra dette prosjektet vil kunne være grunnlag for flere typer fordypende studier.

Dataene som er innsamlet (foto fra monitorering og overflatesedimentologi) vil bli oppbevart ved NGU og kan ved forespørsel leveres ut for påbyggende studier, for eksempel innenfor masteroppgaver eller annen forskning.





## 5. KONKLUSJONER

### 5.1 Monitorering av komplekse skredvifter

- Monitorering med fast montert kamera av denne typen var meget vellykket og erfaringen er at systemet passer godt til kontinuerlig overvåkning av viftesystemer. For å oppnå ønsket mål krevet det god planlegging av kameraplassering.
- Kameramonitorering med 6 bilder per dag viste seg å være godt egnet for deteksjon av nye snøskred og flomskred. Oppløsningen i bildene er preget av hele viftesystemet skulle dekket av samme kameraposisjon. Dette gjør at dataene ikke er godt egnet for steinsprangdeteksjon.
- Mindre snøskred viste seg å være vanskeligere å observere ved visse lysforhold, noe som kunne vært forbedret med flere bilder per dag, eller alternativt andre kameraposisjoner.

### 5.2 Sedimentologiske og morfologiske særtrekk for ulike skredavsetninger i denne studien

#### Steinsprang:

- Steinsprangavsetninger kan bestå av alt fra spredte enkelt blokker til større avsetninger. Avsetningene består av **skarpkantete partikler** i alle kornstørrelser, med **åpent rammeverk** hvis partiklene er store nok (hulrom).
- Større steinsprangavsetninger vil ha en **lateral sortering i kornstørrelse**. Denne laterale sorteringen er et resultat av varierende energi til relatert til forskjellige størrelser. Store partikler med høyest energi vil normalt sett transporteres lengst. Hvis det er et komplisert kildeområde, med for eksempel veldig ulik høyde på løseområdene, kan denne laterale sorteringen være mindre tydelig – spesielt innenfor et lite område på viften. I storskala-morfologien vil det normalt sett være en ruere morfologi i den nederste delen av steinsprangavsetningen, som er skapt av en høyere konsentrasjon av store blokker lengst borte fra apex.

#### Flomskred:

- Flomskredavsetninger i denne studien har en **bimodal kornstørrelsesfordeling** (til forskjell fra snøskred og steinsprang), med sand og grus i matriksen og større, ujevnt fordelte stein og blokker. Avsetningene består for en stor grad av **kantrundete partikler**. Imbrikasjon av partikler er vanligvis knyttet til flomskredavsetninger, men er kun observert få plasser på de studerte viftesystemene.
- Morfologiske trekk for flomskred er nedskårne **kanaler** med **levéer**, konvekse **lober** og større **tungeformer** med utflatet langsgående profil. På liten skala kjennetegnes morfologien av en svært **ujevn overflate** med **forgreinet kanalmønster** fra apex og ut mot kanten av viften.
- Storskala-morfologien av flomskreddominerte vifter kjennetegnes av **rett** eller **svak konkav langsgående profil**, som er slakere enn for rene steinsprangavsetninger.
- Store hindringer langs skredløpene, for eksempel blokker og trestammer, vil endre skreddynamikken og påvirke flomskredavsetningene (skredet stopper opp eller går rundt hindringen).



- Viftene i Sunndalen har en «utvasket» morfologi nederst med flate tungeformer ned mot dalbunnen. Denne morfologien er mest tydelig på detaljerte skyggekart. Denne delen av viften har et velutviklet dekke med mold og gress, da avsetningen har en stor del finstoff. Noen plasser viser oppstikkende stein og blokk tegn på imbrikasjon, men ellers tolkes den ytre delen av flomskredavsetningen å være dominert av finere kornstørrelser transport med lavere energi.
- Eldre flomskredavsetninger skiller seg fra nyere avsetninger ved at finstoff over få år er vasket ut, slik at et åpent rammeverk med større partikler og hulrom står igjen. Prosessen er tolket til å være drevet av fluvial erosjon og transport av mindre partikler gjennom overflateavrenning ved nedbør og snøsmelting.
- Sedimentologiske studier alene er ikke nok for å identifisere flom- og snøskredavsetninger, da eldre flomskredavsetninger kan være utvasket og derfor ligne på snøskredavsetninger med åpent rammeverk.
- Resultatene viser at **sedimentologien til flomskredavsetninger gjenspeiler egenskapene til kildematerialet** med hensyn til kornstørrelsesfordeling, kornform og mineralogi. Det er viktig å notere at resultatene i denne studien er preget av de lokale geologiske forholdene.

### Snøskred:

- Sedimentologien til snøskredavsetninger er styrt av tilgangen på ulike materialer langs skredløpet, og vil derfor kunne **varierte i kornstørrelse fra fin sand til blokk**. Selve snøskredprosessen tilfører **ingen kornstørrelsessortering**.
- Ved stor tilgjengelighet på blokker langs skredløpet vil snøskredavsetningen over tid bli dominert av **løst konsoliderte stein og blokker**. Er lite materiale tilgjengelig vil avsetningen bestå av mer **enkelt spredte partikler** på skråningen.
- Snøskredavsetningene i denne studien består i stor grad av skarpkantete korn, noe som indikerer at de er erodert fra skarpkantete steinsprangavsetninger høyere oppe i skråningen og videre transportert i snøen uten at partiklene går i hverandre. Partiklene vil etter hvert smelte ut av snøen uten ytterligere runding av kornene, og rundingsgraden vil gjenspeile egenskapene i den eroderte avsetningen.
- Partiklene i en snøskredavsetning er per definisjon **løst «balansert» på hverandre**, da de langsomt har smeltet ut fra snøen og landet på det som tilfeldigvis lå på stedet. Dette kan observeres både når partiklene ligger på andre skredavsetninger og når de ligger på tidligere snøskredavsetninger.
- Det er **ingen lateral kornstørrelsesforskjell** mellom øvre deler (nær apex) og mer distale deler av snøskredavsetninger. Denne manglende kornstørrelse-fordelingen er et godt kjennetegn på snøskredavsetninger- sammenlignet med steinsprang- og flomskredavsetninger.
- Skråninger som er dominert av snøskred har ofte en **stormorfologisk jevnt hellende overflate**, som på skyggekart mangler tydelige småmorfologiske former («utglattet» overflate).
- Snøskred transporterer ofte finkornete organiske partikler (mose, blader mm.) erodert fra kildeområdene og langs skredløpene. Over tid vil dette bygge opp en organisk mold i avsetningen, som egner seg til vegetasjon. Der hvor det bygger seg opp mye organiskholdig jordlag (mold) vil dette bidra til at overflaten av snøskredavsetningen får andre egenskaper.
- Monitoreringen i studiet viser at mindre snøskred ofte kan følge eksisterende flomskredløp. I kanalene vil det da avsettes spredt materiale av «balanserende» stein og blokk.

### Sørpeskred

- Per i dag har vi fortsatt for lite kunnskap om sedimentologisk og morfologiske trekk for sørpeskredavsetninger. For den generelle kartlegging er det viktig å innhente mer kunnskap om likheter og ulikheter mellom flomskred- og sørpeskredavsetninger.

### 5.3 Kombinere sedimentologi og overflatemorfologi

Resultatene fra dette studiet og tidligere erfaringer fra kvartærgeologisk kartlegging i skredterreng, viser at det er viktig å *kombinere sedimentologi og overflatemorfologi* når man skal identifisere ulike skredavsetninger:

- Sedimentologiske karakteristikkene alene er ikke tilstrekkelig til å gi en entydig identifisering av skredtype, da ulike skredavsetninger kan ha samme overflatesedimentologi. Dette gjelder spesielt eldre flomskredavsetninger og steinrike snøskredavsetninger, og teoretisk kan man anta at sørpeskredavsetninger også kan ha lignende overflatesedimentologi.
- Stor- og småskala overflatemorfologi illustrert i skyggekart kan gi en indikasjon på ulike avsetningstyper, men det er vesentlig å kombinere skyggekart med sedimentologisk overflatekartlegging i felt for sikker identifisering av skredtype. På komplekse viftesystemer er det viktig å være klar over at flere skredtyper kan være, eller har vært, aktive på den samme overflaten samtidig.
- Det er viktig å notere at snøskred kan være en aktiv prosess selv om det ikke er tydelig spor i sedimentologi og overflatemorfologi, da snøskred ikke nødvendigvis transporterer fast materiale.
- Der snøskred kun transporterer små organiske, eller minerogene partikler, vil det være umulig å se dette i morfologien på skyggekart fordi sedimentasjon av små partikler må skje flere ganger (lang tid med snøskred) for å gi en tydelig morfologisk signatur. Dette gjelder spesielt hvis snøskred går over tydelig, dypt innskåret flomskredmorfologi.
- Blokkdominerte områder, og områder med enkeltstående stein- og blokker, kan være vanskelig å identifisere som snøskred- eller steinsprangavsetning kun basert på overflatesedimentologi. Her vil lateral kornstørrelsesortering over større deler av avsetningen være en nøkkelparameter sammen med vurdering av de enkelte partiklenes posisjon i forhold til underlaget (stabilt/ustabilt).



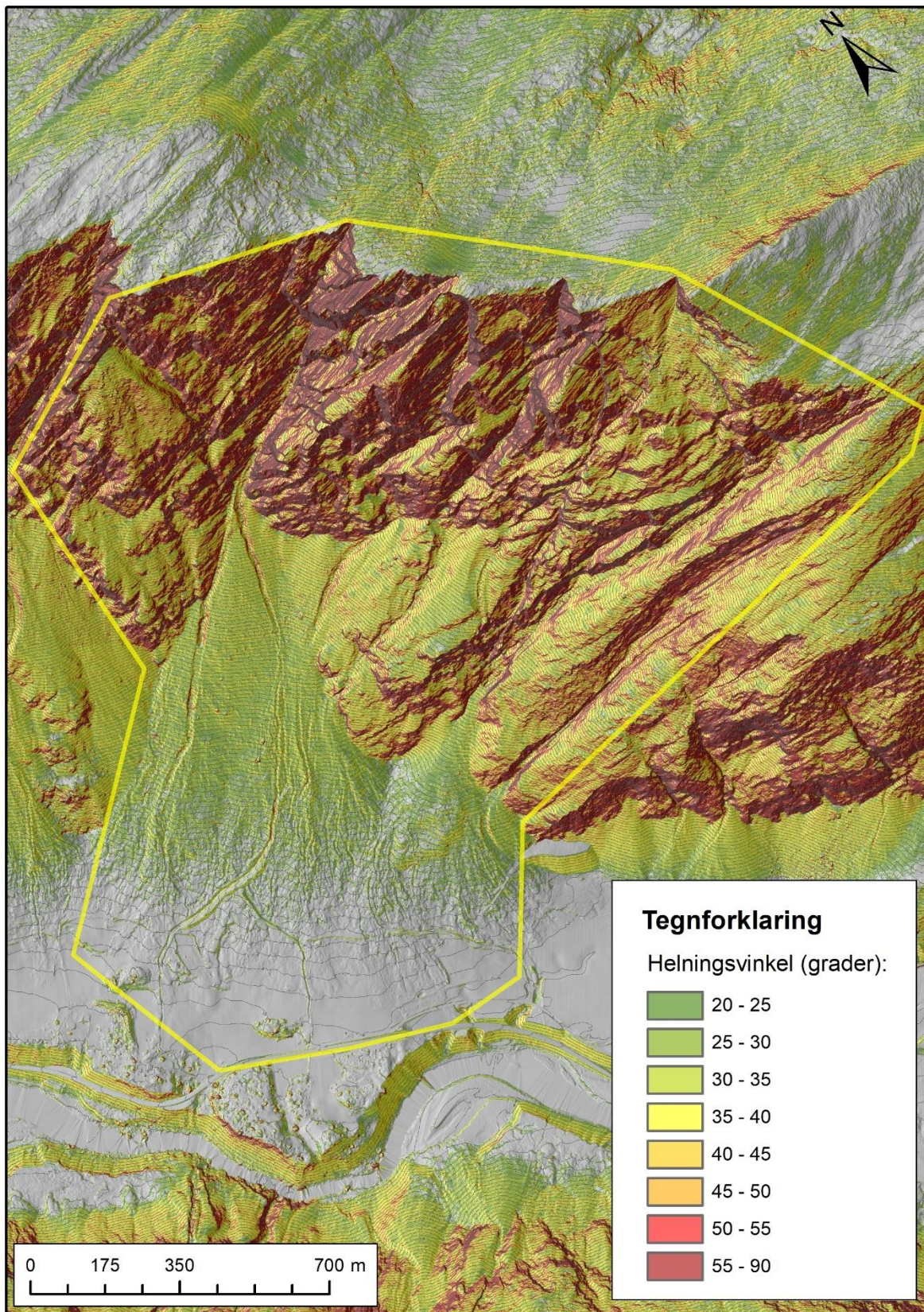
## 6. Referanser

- Bergstrøm, B., Reite, A. J., Sveian, H., and Olsen, L., 2001, *Feltrutiner, kartleggingsprinsipper og standarder for kvartærgeologisk kartlegging / løsmassekartlegging ved NGU.*
- Blikra, L. H., 1994, *Postglacial colluvium in western Norway, sedimentology, geomorphology and palaeoclimatic record [PhD: Universitetet i Bergen.*
- Blikra, L. H., and Nemec, W., 1998, *Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record: Sedimentology*, v. 45, p. 909 - 959.
- Durno, S. E., and McVean, D. N., 1959, *Forest History of the Berinn Eithe Nature Reserve: The New Phytologist*, v. 58, p. 228-236.
- Eilertsen, R., Sletten, K., Sandøy, G., Hermanns, R., Romundset, A., and Rubensdotter, L., 2016, *Gol: Utvidelse av skredgeologisk kartleggingsarbeid: Norges geologiske undersøkelse, 2017.011.*
- Fredin, O., Lyså, A., Sveian, H., and Viola, R., 2014, *Kvartærgeologisk kartlegging ved NGU - Informasjon og instruks.*
- Innes, J. L., 1983, *Earth surface Processes and Landforms*, v. 8, p. 399-403.
- Karlén, W., 1988, *Scandinavian glacial and climatic fluctuations during the Holocene: Quaternary Science Reviews*, v. 7, p. 199-209.
- Mangersnes, K., 2020, *Kartlegging av komplekse skredvifter ved Snøva og Ottem, Sunndal kommune, Møre og Romsdal [Mastergrad, publiseres juni 2020: Universitetet i Bergen.*
- Matthews, J. A., 1985, *Radiocarbon dating of surface and buried soil: principles, problems and prospects, London, George & Allen, I: Geomorphology and soils*
- Matthews, J. A., Shakesby, R. A., McEwen, L. J., Berrisford, M. S., Owen, G., and Bevan, P., 1999, *Alpine debris-flows in Leirdalen, Jotunheimen, Norway, with particular reference to distal fans, intermediate-type deposits, and flow types: Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, v. 31, p. 421-435.
- Nemec, W., and Steel, R. J., 1984, *Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. , Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 10, I: Sedimentology of Gravels and Conglomerates.*
- Skei, S. Ø., 2015, *Ulike skredprosesser og samverknad på Gråfonnvifta, Innfjorddalen, Rauma kommune: Norges tekniske-naturvitenskapelige universitet (NTNU).*
- Sletten, K., and Blikra, L. H., 2007, *Holocene colluvial (debris-flow and water-flow) processes in eastern Norway: stratigraphy, chronology and paleoenvironmental implications: Journal of Quaternary Science*, v. 22, p. 619-635.
- Zagórski, P., Mędrek, K., Moskalik, M., Rodzik, J., Herman, A., Pawłowski, Ł., and Jaskólski, M., 2019, *Short-term development of Arctic beach system: Case study of wave control on beach morphology and sedimentology (Calypsostranda, Bellsund, Svalbard): Polish Polar Research*, v. 40, p. 79-104.



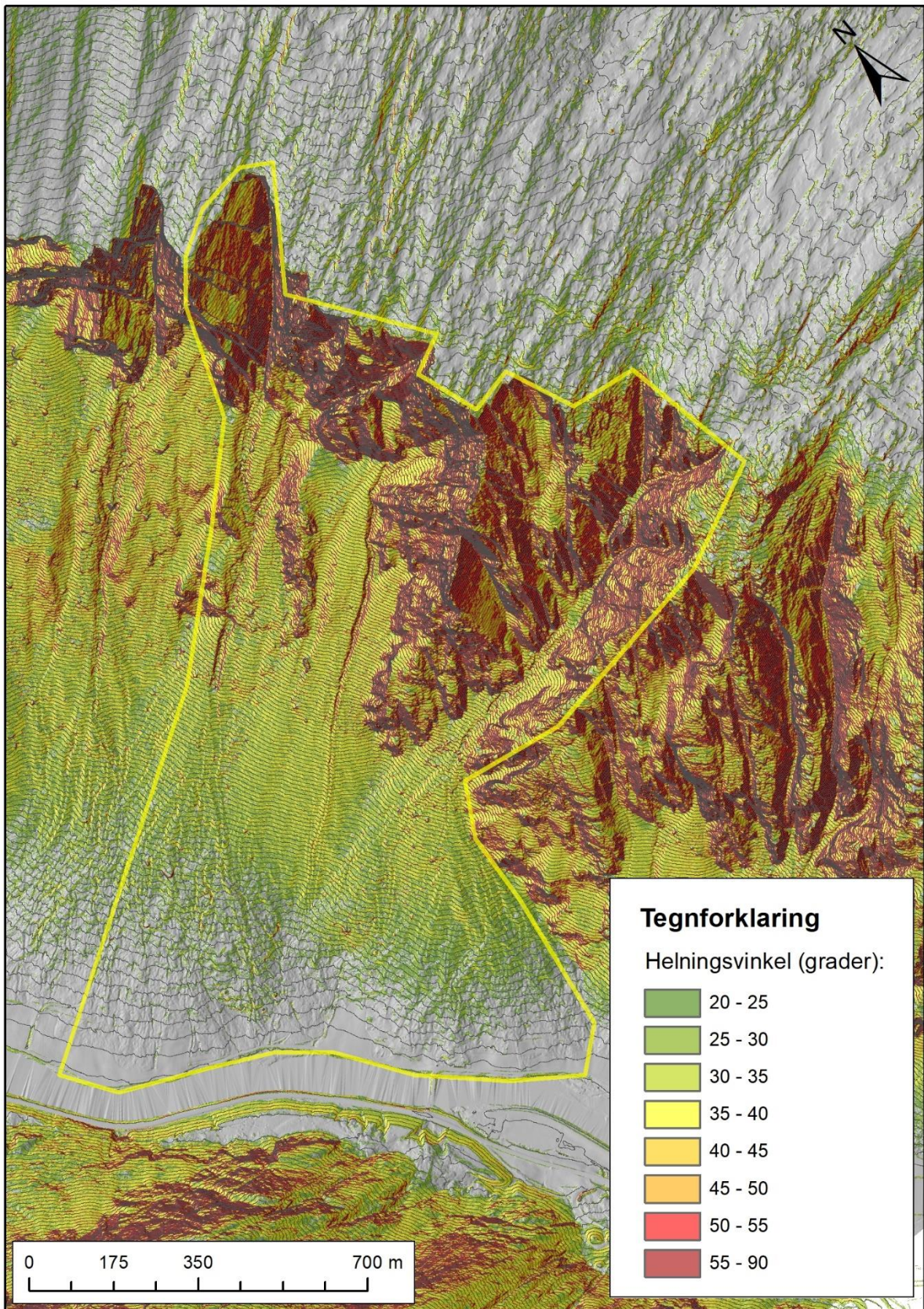


## VEDLEGG 1: Helningskart



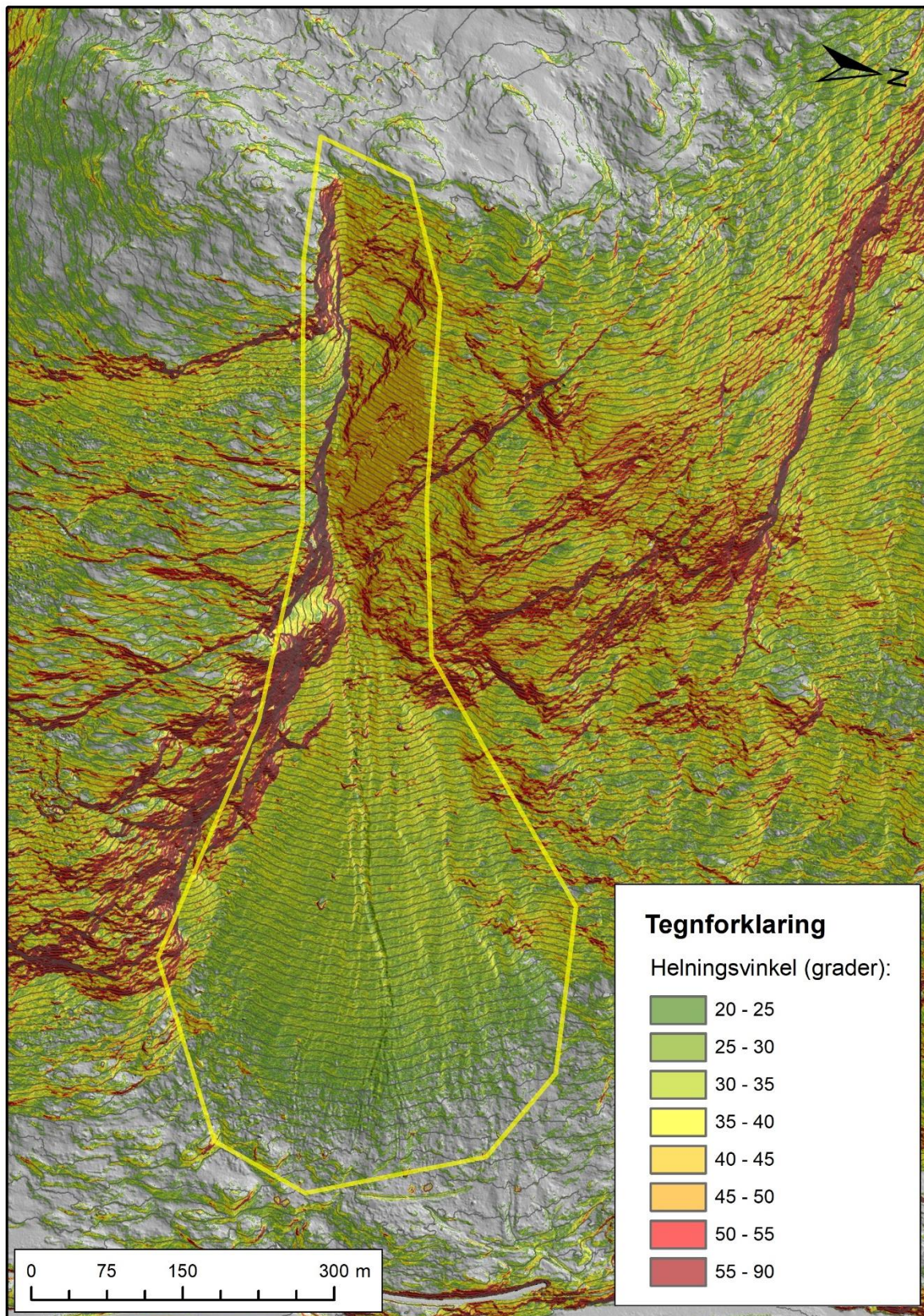
Figur 1: Helningskart over Sunndal vest (gul polygon). Skyggekart, helningsvinkler og høydekurver (5m intervall) er produsert fra DEM 2013 (1m oppløsning).





Figur 2: Helningskart over Sunndal øst (gul polygon). Skyggekart, helningsvinkler og høydekurver (5m intervall) er produsert fra DEM 2013 (1m oppløsning).





Figur 3: Helningskart over Drivdalen (gul polygon). Skyggekart, helningsvinkler og høydekurver (5m intervall) er produsert fra DEM 2016 (0,5m oppløsning).



## VEDLEGG 2: Skredhistorikk fra masteroppgave

Tekst fra masteroppgave av Mangersnes (2020):

### Sunndal vest (Snøva):

Det har gått mange skred ved Snøva i manns minne. I følge Erling Snøva er det løsmasseskred, da spesielt flomskred, som har hatt størst påvirkning på den nedre delen av Snøva. Frem til 2001 skal mesteparten av flomskredene fulgt det vestligste skredløpet på Snøva (fig. 1). På høsten i 2000 skal det ha gått et lite tungeformet steinskred som ble avsatt i øvre del av Snøva. Dette steinskredet fylte igjen det aktive skredløpet. I løpet av våren og sommeren 2000/2001 skal det ha gått flere flomskred som propagerte mot øst, noe som dannet grunnlaget til det som er dagens aktive skredløp. I juli 2001 gikk det et stort flomskred i det som er dagens skredløp (fig. 2). Dette flomskredet gikk ned til åkeren på Snøva og skal ifølge Erling også ha nådd veien (fig. 3). Som en følge av dette flomskredet ble det bygget en skredvoll i området (fig. 2). Denne skredvullen, samt interaksjoner med skredviften midt på Snøva, er trolig årsaken til at skred som har gått etter 2001 har begynt å dreie seg mot vest. Analyser av ortofoto og monotoreringsbilder viser at alle løsmasseskred i nyere tid bygger nye kanaler og leveer, der skredløpet har flyttet seg ca. 70 m mot vest siden 2004 (fig. 4).

Snøskred har alltid vært aktive, men har ikke gjort skade på noe infrastruktur. I løpet av en vanlig vinter går det flere snøskred tidlig i sesongen når snøen legger seg, mens det også går hyppige skred knyttet til dager med høy snøsmelting eller mye nedbør. Erling rapporterer snødybde på Snøva til varsom.no. Disse målingene viser at i løpet av en vanlig vinter kan det legge seg opp mot 1 meter snø ved Snøva.

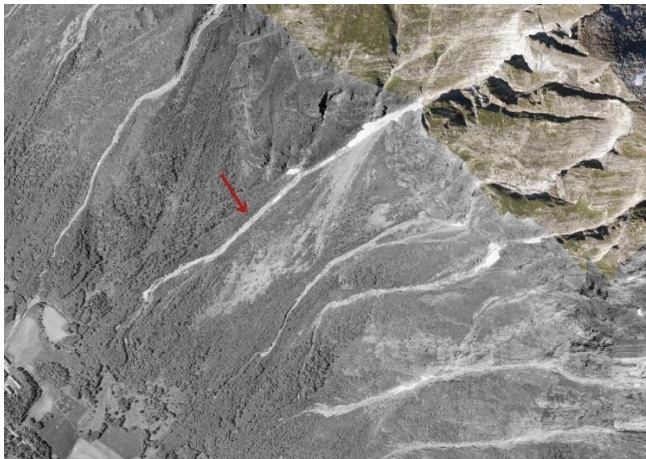


Fig. 1: Skredviftene ved Snøva i 1971. Den røde pilen illustrerer det aktive skredløpet i den vestlige skredviften. I den østlige delen av denne skredviften er det snøskreddominert. Ortofoto fra Norgebilder (1971).



Fig. 2: Skredviftene ved Snøva i 2004. Den røde pilen illustrerer det nye skredløpet i den vestlige skredviften. Den striplete sirkelen markerer hvor det har blitt bygget en skredvoll i etterkant av flomskredet som gikk i løpet av sommeren 2001. Ortofoto fra Norgebilder (2004).





Fig. 3: Skredviftene ved Snøva i 2004. Den striplete linjen markerer den trolige utbredelsen til flomskredet som gikk i løpet av sommeren 2001. Avgrensingene er basert på ortofoto (2004), observasjoner i felt og informasjon fra Erling Snøva. Ortofoto fra Norgebilder (2004).

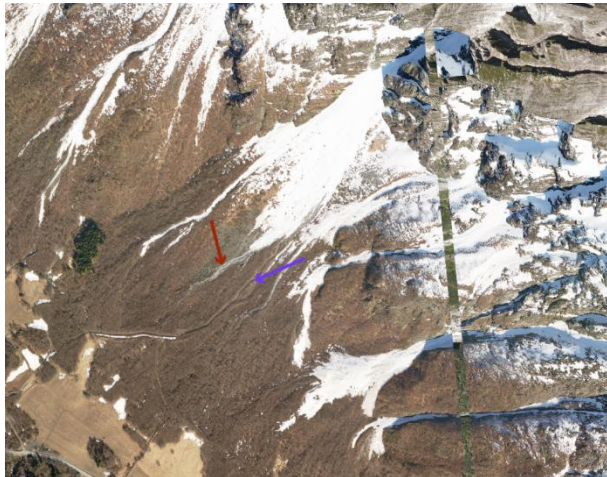


Fig. 4: Skredviftene ved Snøva i 2017. Den røde pilen illustrerer hvordan skredløpet har begynt å bygge seg vestover. Den blå pilen illustrerer skredløpet fra flomskredet i 2001. Ortofoto fra Norgebilder (2013, 2017).

### Sunndal øst (Ottem):

Ifølge Arnfinn Steinar Meisdal har det gått flere skred i manns minne. Det er to store steinsprangsblokker nær bebyggelsen på Ottem. Ifølge Meisdal skal disse blokkene ha kommet så tidlig som i 1692, men denne alderen er usikker (fig. 5). Den 01. juli i 1966 skal det ha gått et stort steinskred i området. Ifølge Meisdal hadde dette et volum på 20000 m<sup>3</sup>, steinskredet kommer tydelig frem på flyfoto tatt i 1971 (fig. 6).

Det har gått flere løsmasseskred i området, som har nådd veien og elven ved flere anledninger. Disse løsmasseskredene skal nesten ha gått årlig, men varierte i størrelse og utbredelse. Løsmasseskredene skal alltid ha vært utløst som en følge av intense regnskyll i løpet av våren, sommeren og høsten. Den 26. juli 2013 skal det ha gått et stort flomskred i området. Ifølge Meisdal skal flomskredet ha startet mot apex av viftene som en følge av kraftig nedbør. I den nedre delen av Ottem kom det ned flere tonn med løsmasser (fig. 7). Det var mye finstoff i disse løsmassene, hvor en bil ble delvis begravd av løsmassene (fig. 8). Flyfoto fra 2013 (fig. 9) viser at det gikk tre store flomskred i denne perioden, som alle nådde ned mot elven. Om disse gikk som en følge av samme ekstremnedbør er uvisst, men det er trolig.



Fig. 5: To store steinsprangblokker ved Ottem. Steinsprangene skal ifølge Arnfinn ha gått så tidlig som i 1692, men det er usikkert om det er riktig alder. Bildet ble tatt på 1950-tallet. Foto: Arnfinn Steinar Meisdal.



Fig. 6: Den røde sirkelen indikerer de tungeformede avsetningene fra steinskredet som gikk 01. juli 1966. I 1971 var avsetningene fremdeles synlige, mens i nyere tid har de blitt tildekket av skog og påvirket av flomskred. De blå pilene indikerer hvor de to steinsprangsblokkene ligger.





Fig. 7: Avsetningene etter flomskredet i 2013. Avsetningene viser tydelig tegn til imbrikasjon av elongerte klaster og flate klaster. Det er også mye finstoff. Dette tyder på at det var et flomskred med et høyt vanninnhold. Foto: Arnfinn Steinar Meisdal



Fig. 8: Bil delvis begravd av flomskredet i 2013. Den kohesive flomskredsmassen har fraktet med seg bilen. Dette tyder på at det er i den distale delen av flomskredet, hvor større fraksjoner har blitt avsatt mer proksimalt. Foto: Arnfinn Steinar Meisdal

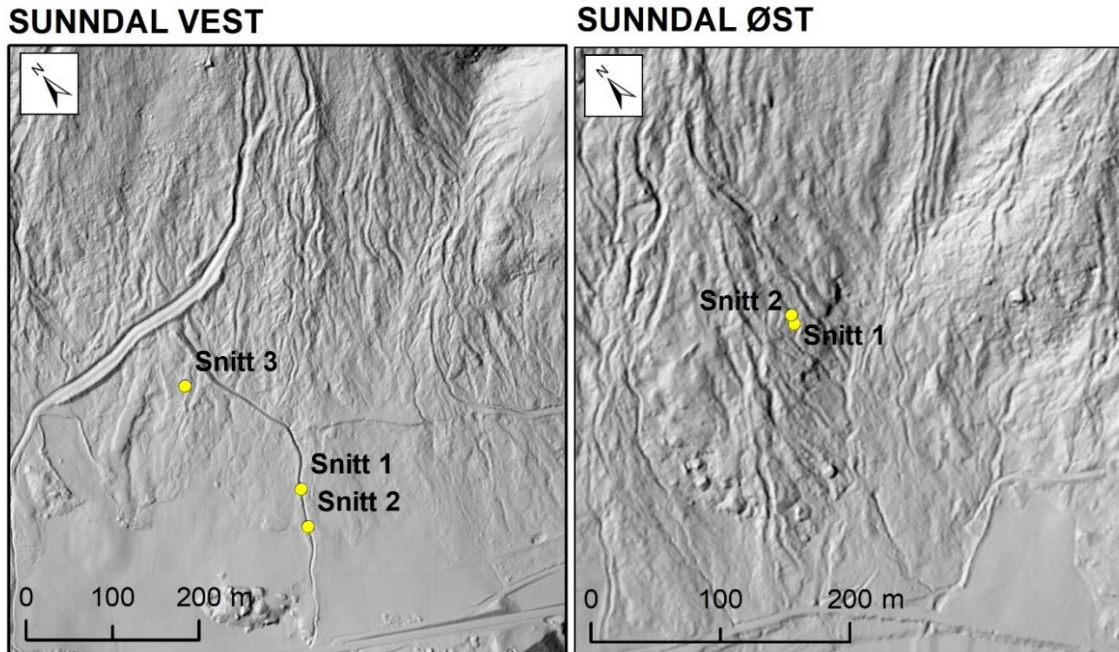


Fig. 9: Ortofoto fra 2013. Det har vært store flomskredshendelser som nådde ned til elven i tre av de fire aktive skredløpene. De røde pilene markerer skredløpene hvor det opplyst om store flomskredshendelser.



## VEDLEGG 3: Logger fra masteroppgave

Foreløpig beskrivelse og tolkning av snitt fra Sunndal vest og Sunndal øst er presentert under. Arbeid er utført av masterstudent Mangersnes (2020). Se kapittel 3.5 for snitt 1, Sunndal øst.



Figur 1: Punktene viser hvor på viftesystemene masterstudent har logget sedimentologien. Venstre figur er fra Sunndal vest og høyre fra Sunndal øst.

### Sunddal vest: Snitt 1

Beskrivelse av lagene (Fig. 2), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

*I dette gravde snittet er det identifisert fire lag (Fig. 2). Det ble informert fra Erling Snøva at deler av bekkeløpet ble gravd for å lede vannet veien det gikk før skredet i 2001. Derfor kan det hende at deler av det øverste laget er påvirket av antropogen aktivitet.*

- *Lag 1 er et massivt diamikton. Laget er 40 cm – 50 cm tykt og er tettpakket, og ser ut til å være delvis klast- og matriksstøttet. Matriksen består hovedsakelig av grov sand til fin grus, hvor det er flere større klaster som varierer fra fem til ti cm og «flyter» i matriksen. Det er også flere større klaster i lag 1, to av disse er blokker, mens det også er noen større steiner. Under den største blokken ligger det flere steiner som er tettpakket og på grensen til å være matriksbåret. Klastene i laget er kantrundet og laget er dårlig sortert.*
- *Lag 2 er 13 cm tykt og består hovedsakelig av medium sand som er sortert og massivt. Laget har en varierende tykkelse, da flere av blokkene i lag 1 stikker opp i laget. I grensen mellom sandlaget og den store blokken i lag 1 er det et tynt belte med medium grus. Det er også tre smale «bånd» med fin grus som ligger midt i sandlaget. Gruskornene er kantrundet, men matriksbåret. Sandlaget er brunt og har en homogen farge.*
- *Lag 3 har en varierende tykkelse, men er i gjennomsnitt 3-4 cm tykt. Laget er også diskontinuerlig, hvor det er enkelte soner med brun og fin sand. Lag 3 er svart og består hovedsakelig av veldig fin sand, men det er også noen mindre klaster av grov sand og fin grus innad i matriksen. Dette laget har en undulerende grense i både den øvre og nedre grensen, hvor det er flere klaster fra det øvre laget som ser ut til å gå ned i lag tre.*
- *Lag 4 har også en varierende tykkelse, men er ca. 42 cm tykt. Laget er matriksbåret, hvor det er flere større klaster av stein/blokk. Laget er diamikt og består av en matriks av grov sand til grus. Laget er dårlig sortert. Klastene er kantrundet til rundet og flere av klastene «flyter» i matriksen. Det er*

tendenser til en reversgradering da det for det meste er matriks ved grensen til lag 3, mens større klaster ligger lengre opp i laget. Den nedre grensen er undulerende, der elongerte klaster er delvis imbrikert ned mot lag 3 med en a(i) orientering. De nederste 10 cm (60-70 cm) av laget har en brunlig farge, det er så et lyst lag på 10 cm (70-80 cm), mens det øvre 24 cm har en mørk gråfarge (80-104 cm).



Figur 2: Logg fra Snitt 1, Sunndal vest. Modifisert figur fra Mangersnes (2020).

Tolkning av lagene (Fig. 2), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

Snittet ser ut til å være preget av flere skredhendelser. Det nedre laget er et diamikton. Kantrundete til runde klaster, flere flytende klaster og en variasjon mellom klast- og matriksstøttet tyder på at avsetningene trolig stammer fra en flomskredhendelse (Blikra 1994; Blikra og Nemeč, 1998). Ifølge Blikra og Nemeč (1998) og Pierson (1986) vil ikke lav-viskøse flomskred kunne frakte med seg klaster som er større enn mindre steiner (64 mm). Dette kommer av at den turbulente karakteristikken til disse flomskredene fører til at større klaster avsettes mye raskere. Da disse avsetningene ligger i den distale delen av viftesystemet, samt inneholder blokker, er det trolig avsatt av et høy-viskøst flomskred.

Medium, godt sortert og massiv sand i lag to tyder på at der er avsatt av vannholdige prosesser (Blikra og Nemeč, 1998; Matthews mfl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Da avsetningene er massive og mangler stratifisering er det trolig avsatt hurtig. Avsetningene ligger over dagens elv og er avsatt av kolluviale prosesser. Avsetningene er i den distale delen av viftesystemet på Snøva og er trolig avsatt som en følge av kraftig lokalnedbør og/eller perioder med hurtig snøsmelting (Blikra og Nemeč, 1998; Sletten og Blikra, 2007). Disse periodene har trolig utløst et flomskred som har fulgt eksisterende eller dannet nye skredløp. Da skredet gikk ut av skredløpet spredte det seg og tapte fart, noe som førte til rask avsetning. Dette er også beskrevet av Blikra og Nemeč (1998), Matthews mfl. (1999) og, Sletten og Blikra (2007). De tynne «båndene» med grus tyder på at det kan være flere hendelser.

Lag 3 er et diskontinuerlig lag med torv. Dette er et lag med organisk materialet som viser til en periode hvor denne delen av skredviften hadde lav skredaktivitet. Den svarte fargen og lavt minerogent innhold tyder på at jordsmonnet var vannmettet i denne perioden (Blikra og Nemeč, 1998; Sletten og Blikra, 2007). Diskontinuiteten



til dette torvlaget stammer trolig fra skjærdeformasjon fra et flomskred, eller fra deformasjon fra vekten til de overliggende avsetningene. Dette laget ble ikke datert på grunn av mangel på ressurser, samt at det ligger så nær overflaten at det trolig vil gi en alder yngre enn 1950.

Det øvre laget er et diamikton. Kantrundete til runde klaster, flere flytende klaster og en varisjon mellom at det er matriksstøttet tyder på at avsetningene trolig stammer fra en flomskredshendelse. Da elongerte klaster i dette laget viser til en  $a(p)(i)$  orientering, samt at det er en undulerende og erosiv grense, tyder det på et høyt vanninnhold (Blikra og Nemec, 1998).

## Sunndal vest: Snitt 2

Beskrivelse av lagene (Fig. 3), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

I dette gravde snittet er det identifisert fem lag (Fig. 3). Det ble informert fra Erling Snøva at deler av bekkeløpet ble gravd for å lede vannet veien det gikk før skredet i 2001. Derfor kan det hende at deler av det øverste laget er påvirket av antropogen aktivitet.

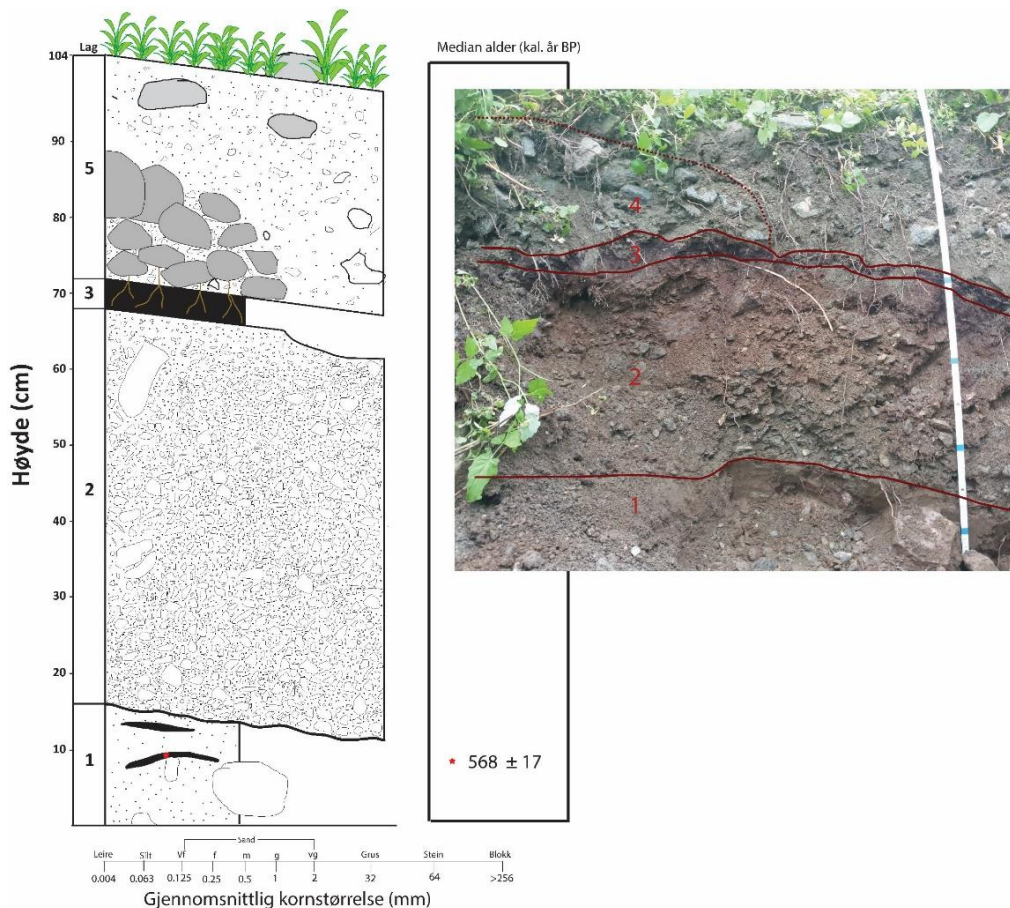
- Lag 1 (0 – 12 cm) består hovedsakelig av siltig sand og er ca. 12 cm tykt. Laget er massivt, men består av enkelte soner med mørkebrunt til svart organisk materialet. Laget er matriksbåret, det det ligger enkelte klaster flytende i matriksen. Disse klastene er hovedsakelig mindre steiner, men det er også en større stein som ligger in-situ. Det ble tatt prøver av det organiske materialet som er sendt inn til radiokarbondatering.
- Lag 2 (12 – 68 cm) er et grusdominert diamikton som er ca. 56 cm tykt og kan deles inn i to enheter, 2a og 2b. Enhet 2a har en skarp nedre grense, som er lett undulerende, og er 50 cm tykt. Laget er tett pakket og har en matriks av medium til grov sand. Laget er en overgangsfase mellom klastbåret og matriksbåret. Det er også noen større klaster som er opp til 20 cm. Klastene er kantet til kantrundet og viser ikke tegn til imbrikasjon. Klastene har heller svak  $a(p)$ -orientering. Laget er massivt og viser ikke tegn til å være gradert. Fargen i laget varierer mellom grålig til brun, der de nedre 10 cm er grålig, mens de øvre 40 cm er mørkebrunt.  
Enhet 2b er en sandig grusenhet som er 6 cm tykt. Avsetningene er matriksbåret med en matriks av grov sand. Det er flere klaster av grus og små steiner som ligger spredt i matriksen. Klastene er kantrundet og har en svak  $a(p)$ -orientering. Enheten er normalgradert.  
Avsetningene er matriksbåret, dårlig sortert og normalgradert.
- Lag 3 (68 – 72 cm) består av medium sand. Laget har en varierende tykkelse, men er gjennomsnittlig ca. 4 cm tykt. Avsetningene er massivt og svart. Det er flere røtter som går ned i disse avsetningene.
- Lag 4 (72 – 104 cm) er et grusdominert diamikton som er 32 cm tykt. Avsetningene er hovedsakelig matriksbåret, men er også stedvis klastbåret. Område som er klastbåret ligger i et lobeformet beltet, der klastene har en  $a(p)(i)$ -orientering. Matriksen består av medium til grov sand. Flere av klastene ligger flytende i matriksen og viser tegn til en revers gradering, da de nederste fire cm hovedsakelig er medium sand. Avsetningene er dårlig sortert, der klastene varierer fra medium grus til større steiner. Klastene er kantrundet til rundet og har en  $a(p)$ -orientering.

Tolkning av lagene (Fig. 3), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

Avsetningene i lag 1 er i den distale delen av viftesystemet på Snøva og er trolig avsatt fra en vannstrøm i den distale delen av et flomskred. Når et lav-viskøst flomskred stopper vil gjenværende vann i «halen» unnsnippe og spre seg utover viften. Dette er også beskrevet av Blikra og Nemec (1998), Matthews mfl. (1999) og Sletten & Blikra (2007). Observasjoner fra flomskredet på Ottem i 2013 (FIGUR FLOMSKRED OTTEM) viser at slike vannstrømmer også kan frakte større klaster, noe som stemmer overens med klastene som ligger spredt i laget. Radiokarbondateringen fra paleosolen som ble funnet i laget ga et resultat på  $568 \pm 17$  kal. år siden, som faller sammen med den lille istid. Paleosolene stammer trolig fra nedbrutt organisk materialet som ble fraktet av skredet, og gir derfor den maksimale residens tiden siden begravning. Lignende har blitt beskrevet av Matthews (1985), Karlén (1988), Blikra (1994) og Blikra og Nemec (1998).

Avsetningene i lag 2a stammer trolig fra et lav-viskøst flomskred. Da avsetningene er tettpakket og en overgangsfase mellom klastestøttet og matriksstøttet. Laget har også en erosiv grense, som tyder på et høyt vanninnhold (Blikra & Nemeč, 1998; Sletten & Blikra 2007). Da det ikke er noe gradering i laget, tyder det på at flomskredet har vært turbulent og spredt seg utover dalbunnen i den distale delen av Snøva. Ettersom at et skredet har gått på flaten som er datert til lille istid var det trolig mindre vegetasjon på viftesystemet enn det er i dag. Mindre vegetasjon i lille istid har blitt beskrevet av Groove (1972). Med mindre vegetasjon på viften vil et flomskred ha en lengre utløpsdistanse enn det har i dag. I den øvre delen av laget (2b) har det trolig gått en vannstrøm over flomskredavsetningene, men da det ikke er en tydelig grense mellom enhet 2a og 2b er det trolig en puls av samme flomskred. Avsetningene i enhet 2b er nokså like de som er i lag 1. Lag 3 er et kontinuerlig lag med torv. Laget består av organisk materialet og viser til en periode hvor den distaledelen av skredviften hadde lav skredaktivitet. Det er lite minerogent materialet i torvlaget, noe som står til torvlagene på Ottem. Det stammer trolig fra at torvlaget ligger i den distale delen som ikke blir påvirket av snøskred og steinsprang.

Avsetningene i lag 4 stammer fra flomskredet som gikk i 2001. Delen av laget som er klastebåret med en a(p)(i)-orientering (fig 2) er trolig en lobe fra et lavviskøst flomskred. Lignende lober har blitt beskrevet av Blikra (1994) og Blikra & Nemeč (1998). I etterkant av avsetninger av loben har det gått en vannstrøm over den, trolig fra påfylling av «halen» til flomskredet. Når frontloben av flomskredet stoppet vil gjenværende vannmasser i «halen» unslippe, det fører til at det avsettes vannlagte sedimenter i front av loben fra flomskredet (Blikra & Nemeč, 1998)



Figur 3: Logg fra Snitt 1, Sunndal vest. Det er i lag 1 tatt prøver for radiokarbondatering. Modifisert figur fra Mangersnes (2020).



### Sunndal vest: Snitt 3

Beskrivelse av lagene (Fig. 4), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

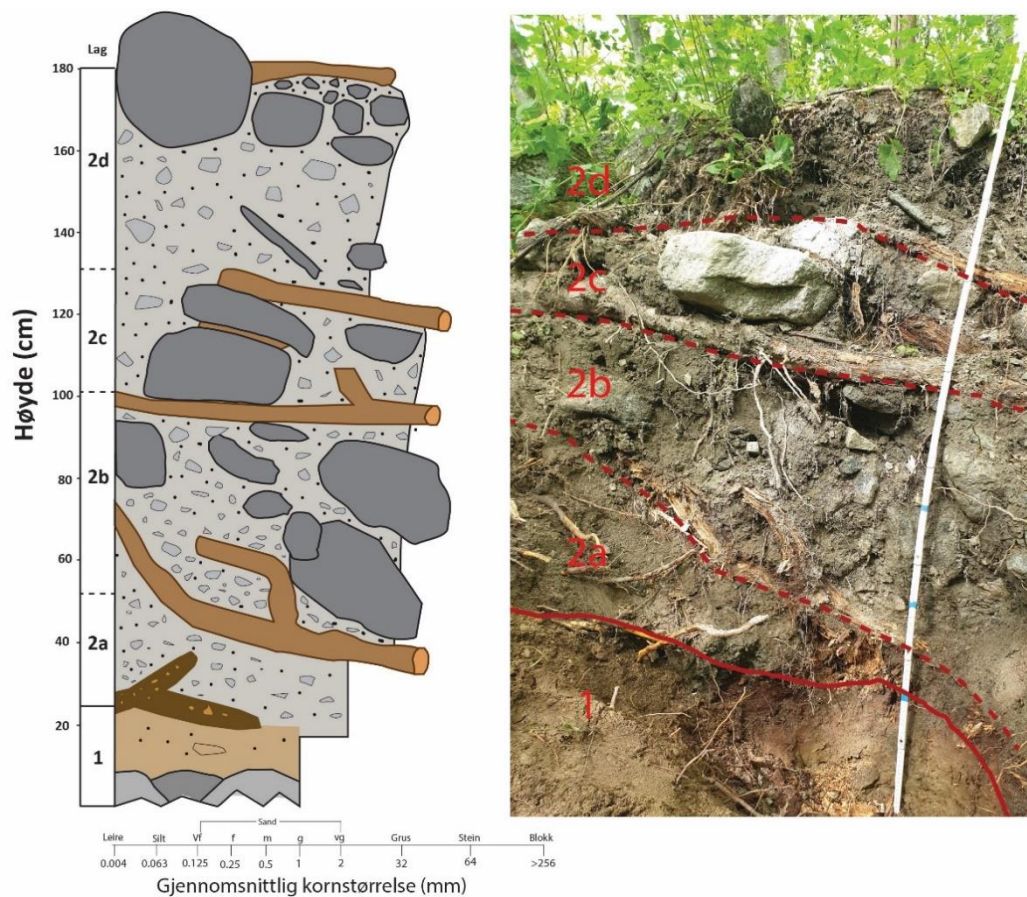
*I det utgravde snittet er det totalt to lag (fig. 4), der lag 2 er delt inn i fire enheter.*

- *Lag 1 (0 – 25 cm) er 25 cm tykt sandlag som består av mediumkornet sand som er mørkebrun. Det er noen små grusklaster som ligger spredt i laget. Grusklastene er kantrundet og har en kaotisk orientering. I den nedre grensen til lag 1 er det ikke mulig å grave dypere, da det ligger flere større steiner her. I grensen med lag to er det et makrofossil av en nedbrutt trestamme.*
- *Lag 2 (25 – 180 cm) er delt inn i fire enheter der inndelingen er basert knekte trær og små forskjeller i litologi. Enhetene ligger «imbrikert» på hverandre og har en linseform. Laget er totalt 155 cm tykt, mens enhet 2a er 25 cm tykt, 2b er 50 cm tykt, 2c er 30 cm tykt og 2d er 50 cm tykt. Enhet 2a karakteriseres av en matriksbåret grusenhet. Grusenheten består av medium til grov grus og har en matriks bestående av grov sand. Klastene har en a(p)-orientering og er ikke imbrikert. Avsetningene er sortert og rundingsgraden er kantrundet. Lateral t så sammenfaller enheten med trestammen som ligger over laget (fig. 3).*
- *Enhet 2b er stedvis klastbåret, men hovedsakelig matriksbåret. Enheten består av grov grus, med en matriks av grov sand. Det er også flere store klaster som ligger spredt i laget. Klastene varierer i kornstørrelse fra små steiner til små blokker. Klastene kantrundet til rundet, der avlange klaster har en a(p)(i)-orientering. På toppen av laget ligger avlange klaster subparallelt med en knekt trestamme som ligger øverst i laget.*
- *Enhet 2c er en stedvis klastbåret grus- til steindominert enhet, men er hovedsakelig matriksbåret. Matriksen består av grov sand. Klastene i enheten er kantrundet, har en kornstørrelse som varierer fra grus til blokk og har en a(p)(i)-orientering. Enheten har en lobeform og stopper ved de to store klastene (fig. 3).*
- *Enhet 2d er hovedsakelig grusdominert og matriksbåret, bortsett fra i den øvre delen av laget som er klastbåret og dominert av stein til blokk. Enheten er reversgradert, der de største blokkene «flyter» på toppen av enheten. Klastene i enheten er a(p)(i)-orientert og kantrundet til rundet. I den nedre delen av enheten varierer kornstørrelsen fra klastene mellom grus og mindre stein. På overflaten av snittet er den lobeformet, hvor flere blokker har en a(t)-orientering.*

Tolkning av lagene (Fig. 4), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

*Da lag 1 består av organisk og brun jord er det trolig jordsmonn fra den gamle overflate før flomskredet i 2001. Laget er trolig avsatt av en vannstrøm eller «sheet-flow» prosesser, da det er sortert, massivt og har kornstørrelser fra sand til grus (Blikra og Nemeč, 1998; Matthews mfl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Skredhendelsen er trolig utløst av en periode med ekstrem nedbør og/eller snøsmelte.*

*Da enhetene i lag 2 har en linseformet og har en «imbrikert» stabling er det trolig avsetninger fra lav-viskøse flomskred (Blikra & Nemeč, 1998). Lagene stammer trolig fra samme skredhendelse i 2001, da ingen av trærne er noe særlig nedbrutt. Erling Snøva informerte også om at denne delen av viften har vært rolig i en lang periode før 2001. Ettersom at det er fire enheter viser det trolig til fire forskjellige pulser fra samme skred. Da avsetningene har en a(p)(i)-orientering og er matriks- til klastbåret tyder det på et høyt vanninnhold og en turbulent strøm, lignende avsetninger har blitt beskrevet av Blikra (1994) og Blikra & Nemeč (1998). Lobeformen i enhet 2c er trolig fronten av en av pulsene. Enhet 2d representerer den siste pulsen av flomskredet. Reversgraderingen kan tyde på at avsetningene trolig er avsatt som en følge at den vannmettede matriksen til «halen» har begynt å trenge seg inn i avsetningene (Blikra & Nemeč, 1998). Ifølge Pierson (1986) og Takashi (1991) vil større klaster kollidere og presses opp når et flomskred er kanalisert, større klaster beveger seg da som et samleband mot fronten av skredet. Ifølge Blikra & Nemeč (1998) vil denne prosessen føre til reversgradering, a(p)(i)-orientering, samt a(t)-orientering i frontloben.*



Figur 4: Logg fra Snitt 1, Sunndal vest. Modifisert figur fra Mangersnes (2020).

## Sunndal øst: Snitt 2

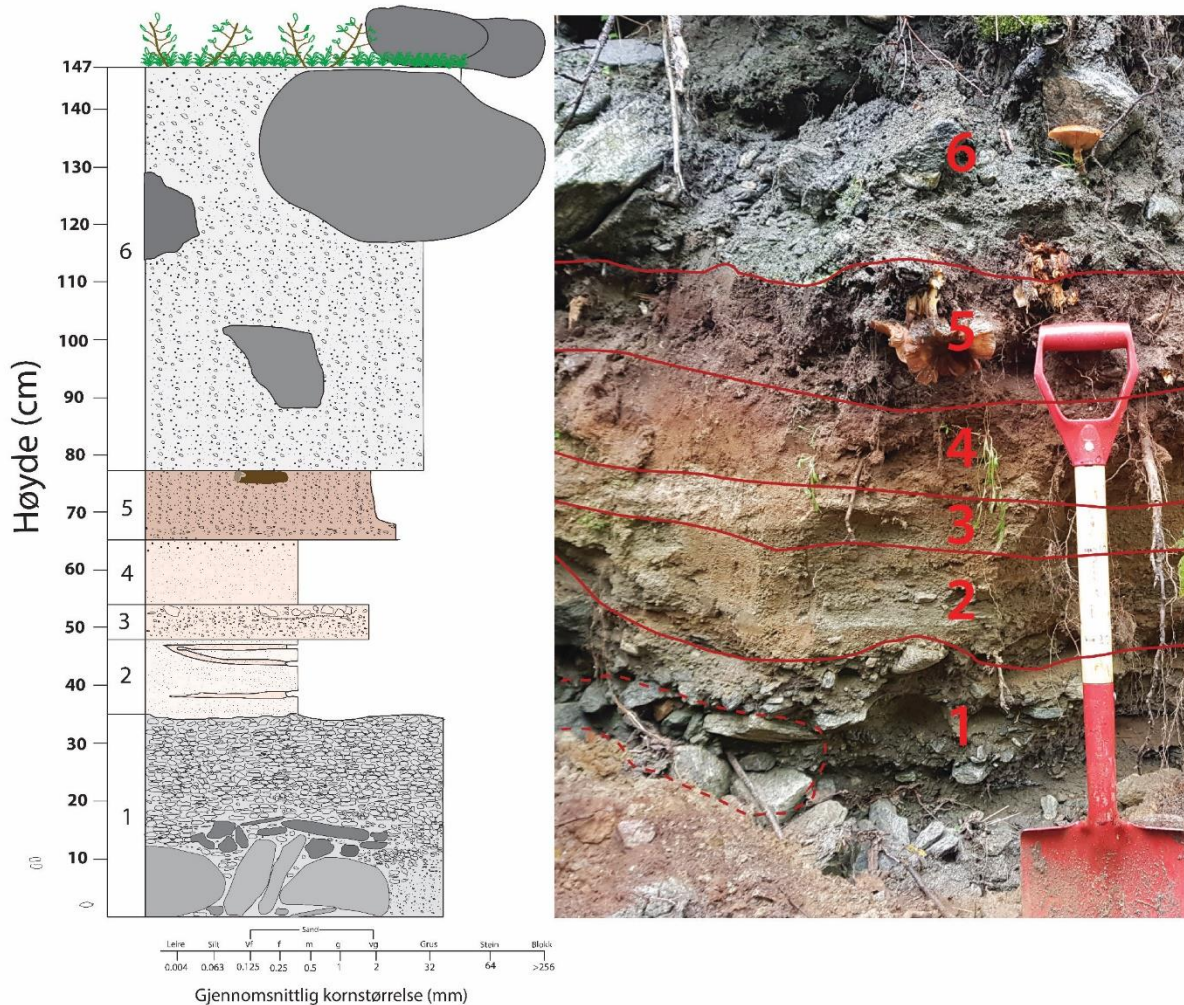
Beskrivelse av lagene (Fig. 5), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

- Lag 1 (0 – 35 cm) er en klastebåret grusenhet på 35 cm. I nedre del av laget er det flere større steiner som er kantet til kantrundet (fig 3), ellers er laget dominert av grus til mindre stein som er kantet. Enheten er tettpakket og har lite matriks mellom klastene. Det er noen soner derimot som lokalt er matriksbåret (fig 3). Matriksen består av medium til grovkornet sand. Avlange klaste i laget ligger subparallelt med skredløpet og har en svak imbrikasjon, noe som gir en a(p)(i)-orientering.
- Lag 2 (35 – 48 cm) er en massiv sandenhet på 13 cm. Sanden er mediumkornet, men er finkornet i tre tynne linser med brun sand. Det er få klaste i laget, men det er et tynt belte med klaste som ligger midt i laget, på rundt 40 – 41 cm (fig 3). Klastene er kantrundet og varierer fra fin til grov grus.
- Lag 3 (48 – 54 cm) er en matriksbåret grusenhet på 6 cm. Klastene er hovedsakelig finkornet til medium kornet, men på toppen av laget er det flere mindre steiner. Laget er inversgradert, med en matriks bestående av medium til grovkornet sand. Klastene er kantrundet og har en a(p)(i)-orientering. Laget er dårlig sortert, brunt og inneholder flere kvister som ligger in situ.
- Lag 4 (54 – 65 cm) er en massiv sandenhet på 11 cm. Enheten er sortert og består hovedsakelig av finkornet til mediumkornet sand, men det er også noe grov sand. Det er noen få grusklaste som ligger spredt i laget. Laget er brunt og har flere større gusklaste som ligger i toppen av laget. Klastene er kantrundet til rundet.
- Lag 5 (65 – 77 cm) er en sandenhet på 12 cm. Enheten er sanddominert, men der er flere grusklaste som er spredt i matriksen. I den nedre av laget er det også et stort antall små steiner, som ligger i et 2-3 cm tykt grusdominert «belte». Klastene i laget er kantrundet til rundet og laget er matriksbåret. Laget er mørkebrunt og inneholder mye in-situ organisk materaillet. I de øvre 2-3 cm er det et rotlag på 2 – 3



mm som ligger in-situ. Rotlaget var knekt i begge ender og ble derfor tatt prøver av makrofossiler for radiokarbondatering.

- Lag 6 (77 – 147 cm) er et diamikton på 70 cm. Det er en undulerende grense mellom lag 5 og lag 6. Diamiktonet er dårlig sortert hvor det er flere blokker og en matriks bestående av grovsand. Laget er hovedsakelig matriksbåret, men det enkelte områder hvor det er klastebåret. Det er flere klaster med kornstørrelse fra grov grus til blokk som «flyter» i den sandige matriksen. Laget er inversgradert, der større klaster ikke forekommer i bunn av laget, med et unntak av én enkelt klast (fig. Xb). Bunnen av laget består ellers hovedsakelig av sand og grus. Klastene er kantrundet og elongerte klaster har en a(p)- orientering. Noen enkelte klaster har en svak imbrikering.



Figur 5: Logg fra Snitt 1, Sunndal vest. Modifisert figur fra Mangersnes (2020)..

### Tolkning av lagene (Fig. 5), utdrag fra masteroppgaven Mangersnes (2020):

I lag 1 er det avsetninger som viser til flere skredhendelser. Da klastene ligger tettpakket, er kantet til kantrundet, samt den generelle mangelen på matriks, tyder det på at de er avsatt av sørpeskred eller snøskred (Blikra, 1994; Blikra & Nemeč, 1998). Da klastene har en a(p)(i)-orientering og det ligger i den nedre delen av viftesystemet er de trolig avsatt av et sørpeskred. Når snøen smeltet ut fra avsetningene ble finstoffet vasket ut, noe som gjorde at klastene ble tettpakket (Blikra & Nemeč, 1998).

Den massive sandenheten i lag 2 består av vannavsatte sedimenter. Mangelen på stratifisering, mediumkornet sand og god sortering tyder på at det er avsatt hurtig som en følge av «slope-wash» prosesser eller vannstrømmer (Blikra, 1994; Blikra og Nemeč, 1998; Matthews mfl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Sonene med fin sand tyder på flere skredhendelser, der brunfargen kommer av at organisk materialet er fraktet fra øvre deler

av den kolluviale viften (Blikra, 1994; Blikra & Nemeč, 1998). De vannholdige skredhendelsene ble utløst som en følge av perioder med ekstrem nedbør eller snøsmelting.

Grusenheten i lag 3 er trolig avsatt av et flomskred. Da laget er matriksbåret, har en inversgradering og har en a(p)(i)-orientring, er det trolig avsetninger fra «halen» i et lav-viskøst flomskred (Blikra & Nemeč, 1998). Avsetninger fra «halen i et lav-viskøst flomskred kan vise til skjær-fabric. I følge Blikra & Nemeč (1998) vil «halen» bli til et fiksjonelt flomskred hvis den trenger seg inn i fronten og/eller substraten for raskt. Det kan skje hvis helningen er for stor og det er et stort vanninnhold.

Den massive sandenheten i lag 4 er avsatt av «slope-wash» prosesser eller vannstrømmer. Mangelen på stratifisering og god sortering tyder på hurtig avsetning (Blikra, 1994; Blikra og Nemeč, 1998; Matthews mfl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Da det er et «belte» med klaster på toppen av laget kan det tyde på flere skredhendelser eller akkumulasjon fra snøskred.

Sandenheten med spredte grusklaster i lag 5 er også trolig avsatt av «slope-wash» prosesser eller en vannstrøm. «Beltet» med grusdominerte sedimenter tyder på at det har vært flere skredhendelser, der den første hadde en høyere kompetanse enn skredhendelsene som kom senere. Mangelen på stratifisering og sortering tyder på hurtig avsetning (Blikra, 1994; Blikra og Nemeč, 1998; Matthews mfl., 1999; Sletten og Blikra, 2007). Den avknekte roten ble radiokarbondatert og ga et resultat på  $138.63 \pm 0.4$  pMC, noe som betyr at den er yngre enn 1950.

Avsetningene i lag 6 stammer trolig fra et kohesivt og høyviskøst-flomskred. Dette kommer av avsetningene er matriksrikt, med en inversgradering der flere større klaster «flyter» i matriksen. I flomskredet har det vært et lavt vanninnhold, noe som ga ikke-turbulent strøm (Nemeč & Steel, 1994; Blikra, 1994; Blikra og Nemeč, 1998). Skjærkreftene til et flomskred vil være høyere desto lavere vanninnholdet er (Johnson & Rodine 1984; Pierson, 1986; Blikra & Nemeč, 1998). Ifølge Nemeč & Steel (1984) vil intens skjærdeformasjon mellom bunnen av slike flomskred og den kolluvialviften føre til at større klaster «presses» opp og avsettes.

### Referanser i Mangersnes (2020):

- Blikra, L. H. (1994). *Postglacial colluvium in western Norway : sedimentology, geomorphology and palaeoclimatic record*. Geologisk institutt, Universitetet i Bergen, Bergen.
- Blikra, L. H. og Nemeč, W. (1998). Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and paleoclimatic record. *Sedimentology*, 45, s. 909-959.
- Durno, S. E og McVean, D. N. (1959). Forest History of the Berinn Eighe Nature Reserve. *The New Phytologist*, 58, s. 228-236.
- Innes, J. L. (1983). Stratigraphic evidence of episodic talus accumulation on the Isle of Skye, Scotland. *Earth surf. Proc. Landforms*, 8, s. 399-403.
- Karlén, W. (1988). Scandinavian glacial and climatic fluctuations during the Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 7, s. 199-209.
- Matthews, J.A. (1985). Radiocarbon dating of surface and buried soil: principles, problems and prospects, I: *Geomorphology and soils* (Red. av Rickards, K.S., Arnett, R.R og Ellis, S), s. 269-288, George & Allen, London.
- Matthews, J.A., Shakesby, R.A., McEwen, L.J., Berrisford, M.S., Owen, G. og Bevan, P. (1999). Alpine debris-flows in Leirdalen, Jotunheimen, Norway, with particular reference to distal fans, intermediate-type deposits, and flow types. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 31, s. 421-435.
- Nemeč, W. & Steel, R.J. (1984). Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. I: *Sedimentology of Gravels and Conglomerates*. (red. av Koster, E.H. & Steel, R.J.) s. 1-31, Mem. Can. Soc. Petrol. Geol. 10.
- Pierson, T.C (1986). Flow behavior of channelized debrisflows, Mount St. Helens, Washington. I: *Hillslope Processes* (red. av Abrahams, A.D.), s. 269-296. Allen and Unwin, Boston.
- Sletten, K. og Blikra, L. H. (2007). Holocene colluvial (debris-flow and water-flow) processes in eastern Norway: stratigraphy, chronology and paleoenvironmental implications. *J. Quaternary Sci.*, 22, s. 619-635.
- Takahashi, T. (1991). *Debris Flow*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Short-term development of Arctic beach system:



## **VEDLEGG 4: Foreløpig kvartærgeologisk kart**

De kvartærgeologiske kartene i Sunndal vest og øst er laget av masterstudent Kenneth Mangersnes med veiledning av forfatterne. Kartet fra Drivdalen er laget av Gro Sandøy (NGU).

Kartene er etter standarden for detaljert kvartærgeologisk kart med fokus på skråninger, og følger norsk sosi-standard i terminologi.

# FORELØPIG KVARTÆRGEOLOGISK KART

## SUNNDAL VEST

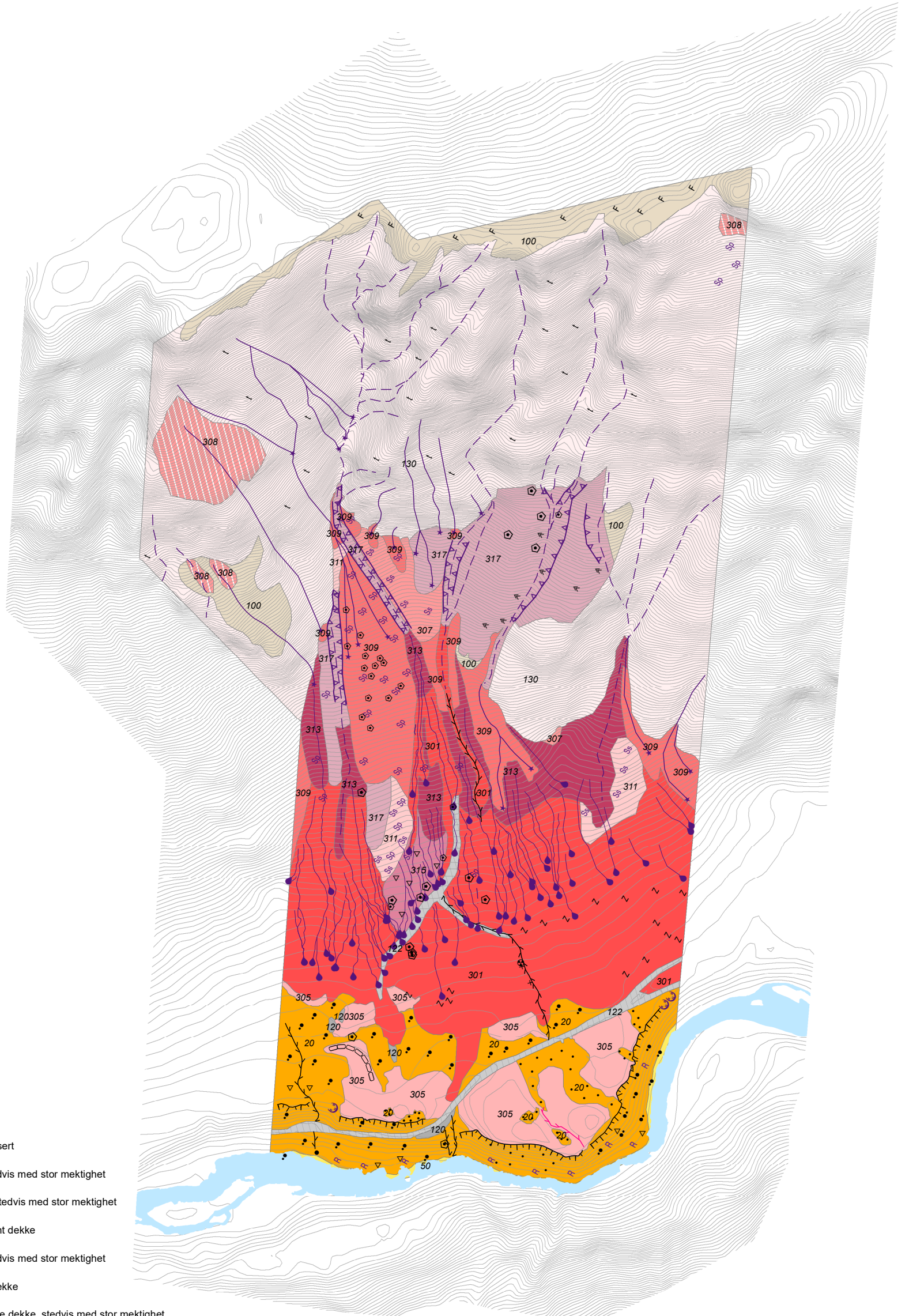
06.03.2020

SUNNDAL KOMMUNE

Målestokk 1:10 000

### Tegnforklaring

- t 100, Humusdekke / tynt torvdekke over berggrunnen
- Z 120, Fyllmasse
- ⊖ 307, Liten utgliding
- ⋈ 401, Liten fjellblotning
- △ 402, Høyt blokkinnhold i overflaten
- ⊙ 404, Blokk, mindre enn ca.10 m<sup>3</sup>
- ⊕ 405, Stor blokk, større enn ca.10 m<sup>3</sup>
- ⊗ 603, Radiokarbon-datering med referanse
- × 666, Stratigrafipunkt - observert mektighet
- 667, Stratigrafipunkt - estimert mektighet
- F 70, Forvittringsmateriale
- 707, Sand
- 708, Grusig sand
- 709, Sandig grus
- R 80, Skredmateriale
- Sp 85, Steinsprang
- Ss 87, Snøskredmateriale
- 21, Smeltevannsløp
- ⊢ 101, Elve- eller bekkenedskjering
- 110, Nedskåret bekkeløp, sjeldent vannførende
- - - 302, Tydelig skredløp
- 307, Jord- og flomskredløp
- ★ 311, Snøskredløp
- 312, Levé
- ▽ 313, Skrederosjonskant
- ⊖ 351, Rygg
- 050-Elve- og bekkedavsetning (Fluvial avsetning)
- 020-Breelvdavsetning (Glasifluvial avsetning)
- 130-Bart fjell
- 100-Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- 120-Fyllmasse (antropogent materiale)
- 122-Menneskepåvirket materiale, ikke nærmere spesifisert
- 305-Fjellskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 307-Steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 308-Steinsprangavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
- 309-Snøskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 301-Jord- og flomskredavsetning, sammenhengende dekke
- 311-Fjellskred-/steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 313-Snø- og jordskredavsetning, sammenhengende dekke
- 315-Jordskred- og steinsprangavsetning, sammenhengende dekke
- 317-Snø- og steinsprangavsetning, sammenhengende dekke



Ekvidistanse: 5 m

0 0,25 0,5 1 km

Topografisk grunnlag: Kartverkets FKB data.  
Geodetisk grunnlag, kartprojeksjon: WGS84, UTM-sone 33  
Utstrekningen av kartutsnittet er avgrenset av prosjektet.

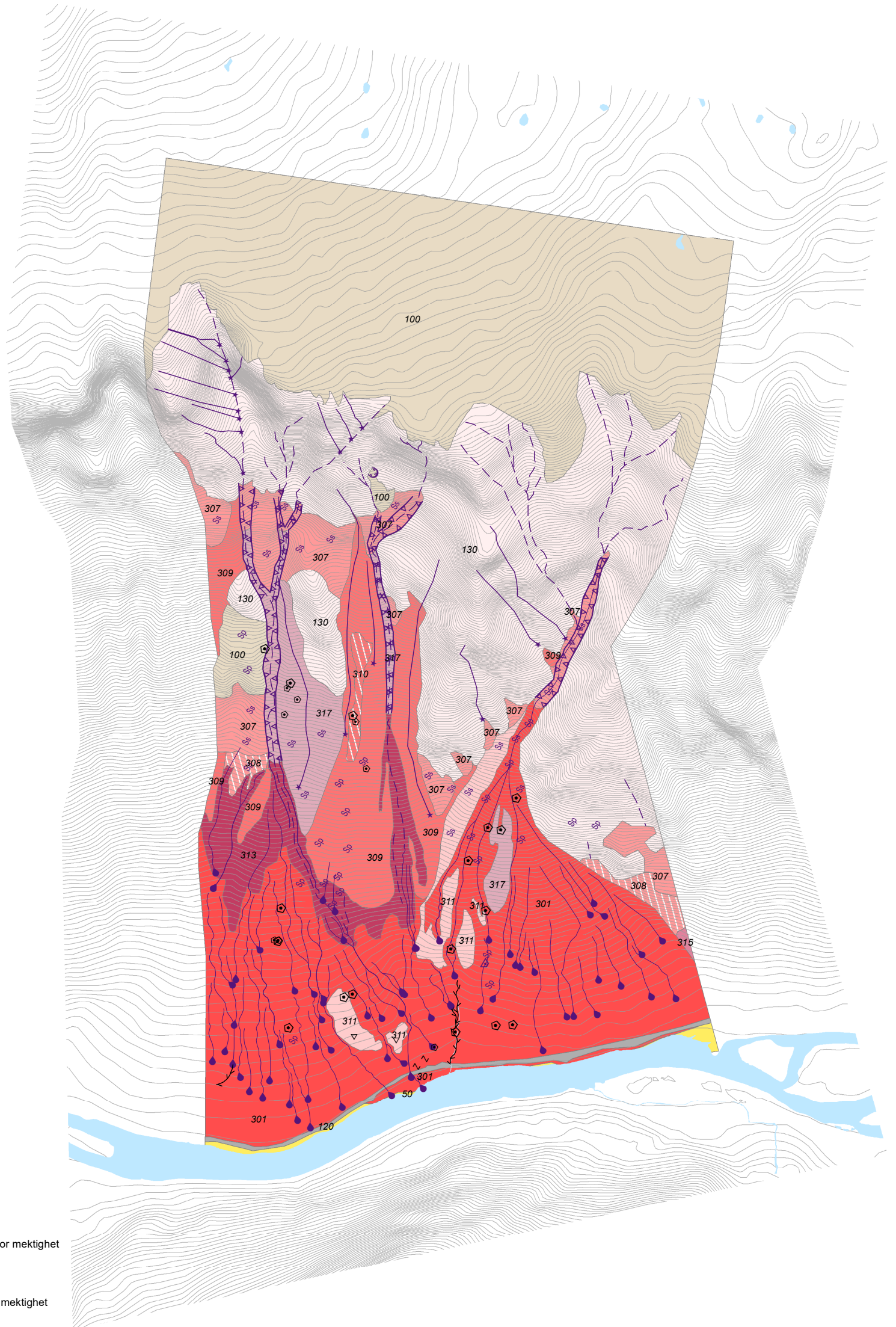




## SUNNDAL ØST

SUNNDAL KOMMUNE

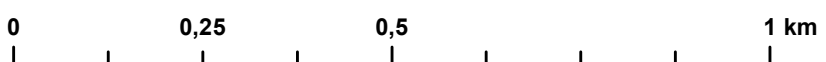
Målestokk 1:10 000



### Tegnforklaring

- z 120, Fyllmasse
- ☉ 307, Liten utgliding
- △ 402, Høyt blokkinnhold i overflaten
- ⊙ 404, Blokk, mindre enn ca.10 m<sup>3</sup>
- ⊕ 405, Stor blokk, større enn ca.10 m<sup>3</sup>
- ▽ 451, Steinsprangsblokk
- Sp 85, Steinsprang
- Ss 87, Snøskredmateriale
- 110, Nedskåret bekkeløp, sjeldent vannførende
- 301, Skredvifte, ytterkant
- - - 302, Tydelig skredløp
- 307, Jord- og flomskredløp
- ★ 311, Snøskredløp
- 312, Levé
- ▽▽▽ 313, Skrederosjonskant
- 050-Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning)
- 130-Bart fjell
- 100-Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- 120-Fyllmasse (antropogent materiale)
- 307-Steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 308-Steinsprangavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
- 309-Snøskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 310-Snøskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
- 301-Jord- og flomskredavsetning, sammenhengende dekke
- 311-Fjellskred-/steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 313-Snø- og jordskredavsetning, sammenhengende dekke
- 315-Jordskred- og steinsprangavsetning, sammenhengende dekke
- 317-Snø- og steinsprangavsetning, sammenhengende dekke

Ekvidistanse: 5 m



Topografisk grunnlag: Kartverkets FKB data.  
Geodetisk grunnlag, kartprojeksjon: WGS84, UTM-sone 33  
Utstrekningen av kartutsnittet er avgrenset av prosjektet.





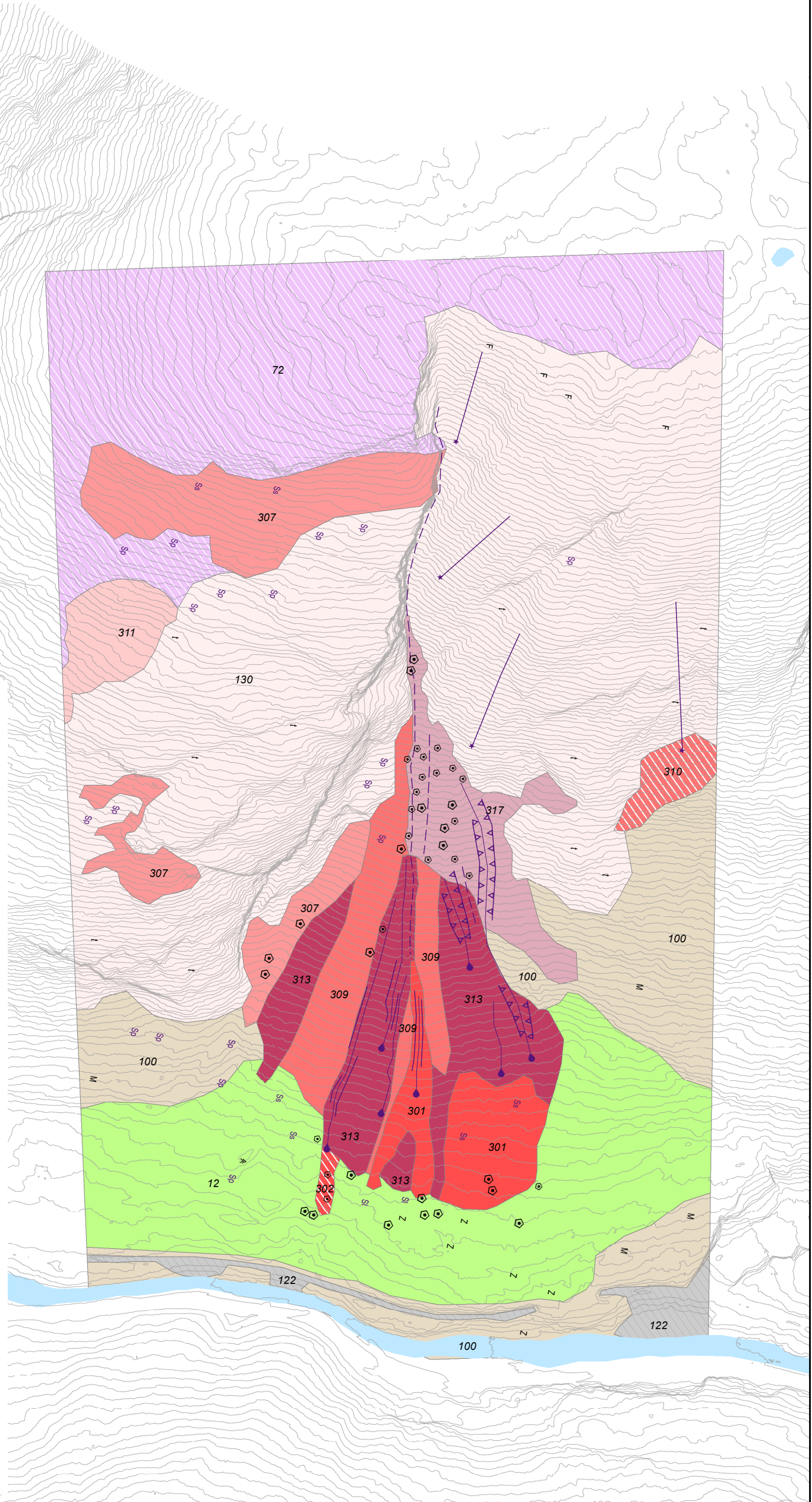
## DRIVDALEN

OPPDAL KOMMUNE

Målestokk 1:5000

### Tegnforklaring

- M 10, Morenemateriale
- t 100, Humusdekke / tynt torvdekke over berggrunnen
- Z 120, Fyllmasse
- A 401, Liten fjellblotning
- ⊙ 404, Blokk, mindre enn ca.10 m<sup>3</sup>
- ⊕ 405, Stor blokk, større enn ca.10 m<sup>3</sup>
- F 70, Forvittringsmateriale
- Sp 85, Steinsprang
- Sl 86, Løsmasseskredmateriale
- Ss 87, Snøskredmateriale
- 302, Tydelig skredløp
- 307, Jord- og flomskredløp
- 311, Snøskredløp
- 312, Levé
- 313, Skrederosjonskant
- 012-Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
- 072-Forvittringsmateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen
- 130-Bart fjell
- 100-Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn
- 122-Menneskepåvirket materiale, ikke nærmere spesifisert
- 307-Steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 309-Snøskredavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 310-Snøskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
- 301-Jord- og flomskredavsetning, sammenhengende dekke
- 302-Jord- og flomskredavsetning, usammenhengende eller tynt dekke
- 311-Fjellskred-/steinsprangavsetning, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet
- 313-Snø- og jordskredavsetning, sammenhengende dekke
- 317-Snø- og steinsprangavsetning, sammenhengende dekke



Ekvidistanse: 5 m

Topografisk grunnlag: Kartverkets FKB data.  
Geodetisk grunnlag, kartprojeksjon: WGS84, UTM-sone 33  
Utstrekningen av kartutsnittet er avgrenset av prosjektet.

0 0,125 0,25 0,5 km







NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE  
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse  
Postboks 6315, Sluppen  
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse  
Leiv Eirikssons vei 39  
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00  
E-post [ngu@ngu.no](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)