Beregnet til
Longyearbyen Lokalstyre

Dokument type
Rapport

Dato
Mai 2018

Oppdragsnr. 1350022403
G-rap-002

Delleveranse 2/2

LONGYEAR ENERGIVERK
SKREDSIKRINGSTILTAK FOR RESERVEKRAFTAN-LEGG OG RØRLEDNING

RAMBØLL

LONGYEAR ENERGIVERK
SKREDSIKRINGSTILTAK FOR RESERVEKRAFTANLEGG OG RØRLEDNING

Revisjon	**00**
Dato	**29/05/2018**
Utført av	**ILIS**
Kontrollert av	**SDEKRS**
Godkjent av	**MBPTRH**
Beskrivelse	**Skredsikringstiltak for reservekraftanlegg og rørledning**
[Valgfri 1]	**Delleveranse 2/2**
[Valgfri 2]	

Ref. 1350022403

Rambøll
Sjøhagen 6
Pb 3063
N-4095 Stavanger
T +47 97 42 80 00
www.ramboll.no

K:\2017-Oppdrag\1350022403 Skredsikring Longyear E-verk\7-PROD\G-Geoteknikk og ingeniørgeologi\DOK\G-rap-002\G-rap-002_SkredsikringLongyearbyenEnergiverk_reservekraftanlegg.docx

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	**INNLEDNING**	**1**
1.1	Bakgrunn	1
1.2	Befaring	3
1.3	Grunnlagsmateriale	3
2.	**REGELVERK OG RETNINGSLINJER**	**3**
2.1	Plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift TEK 17	3
2.2	Vurdert akseptabel skredrisiko for reservekraftanlegget	4
3.	**TIDLIGERE SKREDFAREVURDERINGER**	**4**
4.	**OBSERVASJONER FRA UTFØRT BEFARING**	**6**
4.1	Områdebeskrivelse	6
4.2	Berggrunn og løsmasser	8
4.3	Raviner	8
5.	**DESIGNGRUNNLAG (FORUTSETNINGER FOR VALG AV SIKRINGSLØSNING)**	**11**
5.1	Tidligere skredhendelser	11
5.2	Dimensjonerende skredtyper og faresoner for skred	12
5.2.1	Sammenlikning av tidligere definerte faresoner	12
5.2.2	Dimensjonerende verdier for sikringstiltak mot snøskred, sørpeskred og flomskred.	13
5.2.3	Dimensjonerende verdier for steinsprang	14
5.3	Tilstand eksisterende rørledning	15
5.4	Klima	15
5.5	Levetid	16
5.6	Forankringsforhold	16
5.7	Tilgjengelig areal	19
6.	**GJENNOMFØRBARHETSANALYSE**	**19**
6.1	Alternativ 1: Bruksområdet ligger utenfor faresoner for skred	20
6.2	Alternativ 2: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 for snø- og sørpeskred, men utenfor faresone for steinsprang.	21
6.3	Alternativ 3: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 og 1/1000 for snø og sørpeskred, men utenfor faresone for steinsprang.	22
6.4	Alternativ 4: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 og 1/1000 for snø og sørpeskred, og innenfor faresone for steinsprang.	23
6.5	Alternative traseer for rørledning	24
7.	**SKREDSIKRINGSTILTAK**	**25**
7.1	Sikringstiltak mot kanalisert snøskred, sørpeskred og flomskred	25
7.1.1	Støtteforbygning i ravinen	25
7.1.2	Snøskjermer	28

7.1.3	Endre drensforholdene i ravinen	29
7.1.4	Kontrolldammer i ravinen	29
7.1.5	Kunstig utløsning av sørpeskred i ravinene	32
7.1.6	Fangvoller/fangmurer i utløpsområdet	32
7.1.7	Bremsekjegler i utløpsområdet	33
7.1.8	Ledevoller i utløpsområdet	33
7.2	Sikringstiltak mot steinsprang	33
7.2.1	Sikkerhetssone og adgangsbegrensning	33
7.2.2	Fanggrøft for steinsprang	34
7.2.3	Steinspranggjerde	34
7.2.4	Steinsprangnett	34
7.2.5	Dimensjonere og utforme bygget skredsikkert	35
7.3	Sikringstiltak for rørledningen	35
8.	**OPPSUMMERING**	**35**
8.1	Anbefalinger	37
8.2	Restrisiko	37
9.	**VIDERE UNDERSØKELSER OG ANBEFALINGER TIL DETALJPROSJEKTERINGSFASE**	**37**

VEDLEGG

-

1. INNLEDNING

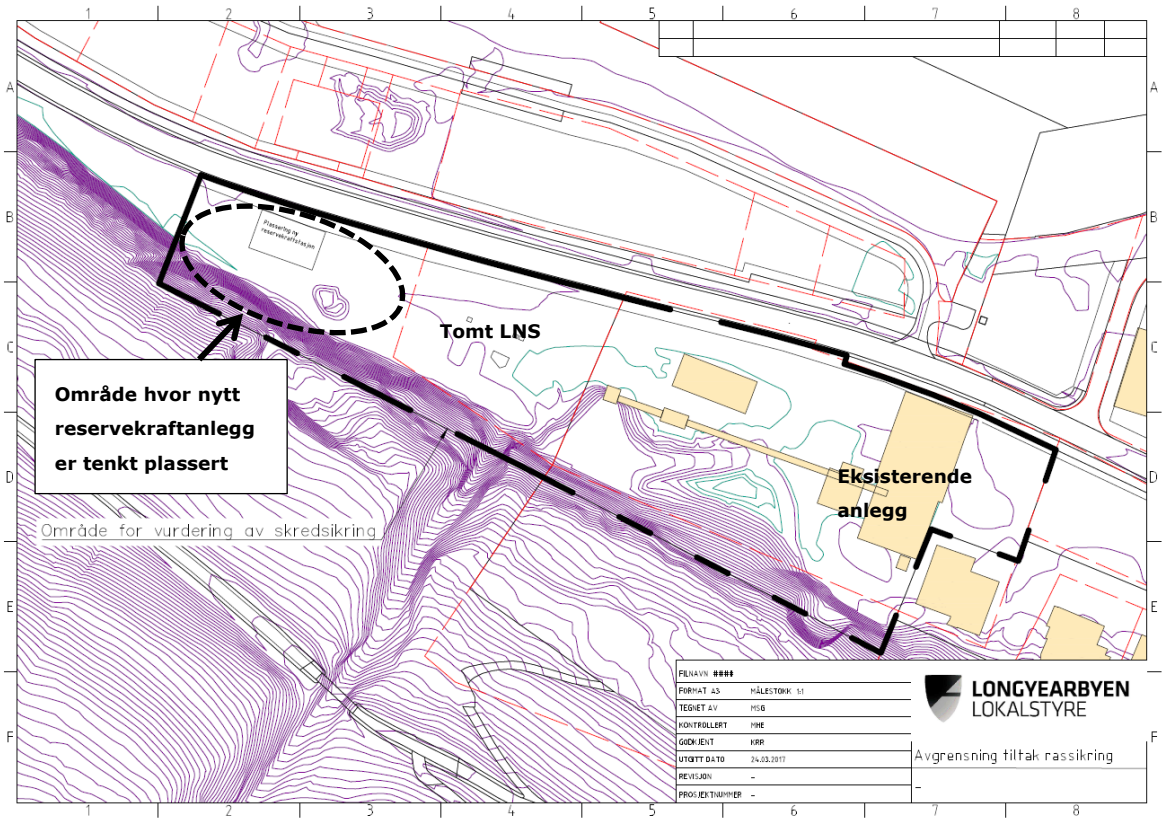
1.1 Bakgrunn

Longyearbyen lokalstyre har engasjert Rambøll Norge AS til å vurdere skredsikringstiltak til Longyear energiverk. Området som skal vurderes er vist med svart stiplet line i Figur 1, hvor gule bygninger innenfor områdeavgrensningen er eksisterende energiverkbygninger. Oppdraget omfatter vurdering av aktuelle skredsikringstiltak for uteområdet til eksisterende anlegg, nytt reservekraftanlegg og trasé til rørledning fra LNS tankanlegg. Energiverktomta ligger innenfor faresoner for skred som er definert av Rambøll i forbindelse med tidligere oppdrag for Bykaia og Longyearbyen Havn, og faresoner definert av Multiconsult i forbindelse med faresonekartlegging for utvalgte områder på Svalbard i regi av NVE. Sikringstiltak skal etableres for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred i henhold til kravene gitt i plan- og bygningsloven og tilhørende byggeteknisk forskrift TEK 17.

Det eksisterer i dag et tankanlegg (LNS) mellom dagens energiverk og foreslått plassering av ny reservekraftstasjon. Dette tankanlegget har tilkobling til et større anlegg i sørøst, med en rørledning som passerer utløpet av en markant ravine, se Figur 2. Den nye reservekraftstasjonen skal også ha drivstoff fra dette tankanlegg, og gunstig trase ønskes utredet.

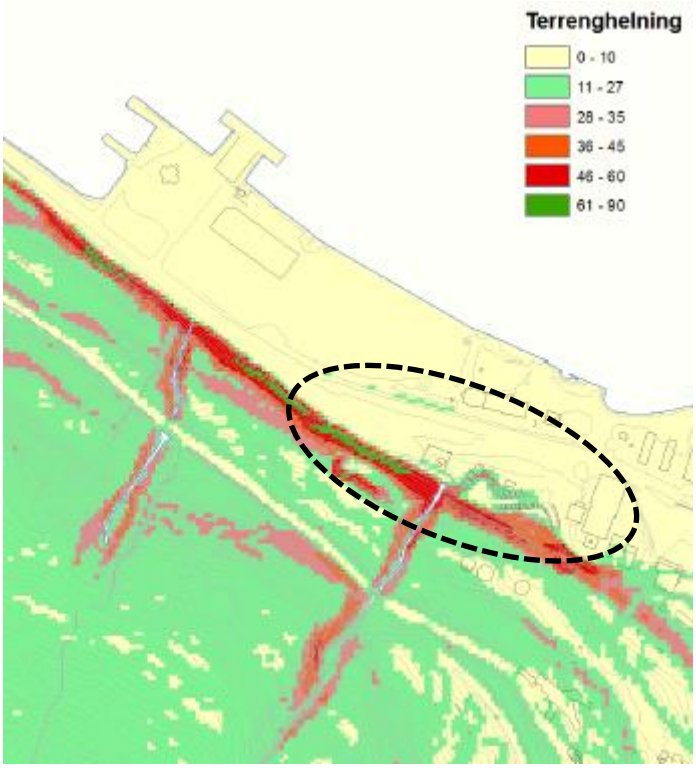
I oppstartsmøte med oppdragsgiver 04.05.2017 ble det avtalt at oppdraget leveres som to delreferanser. Denne rapporten omhandler vurdering av skredsikringstiltak for nytt reservekraftanlegg og rørledning – delleveranse 2.

Longyear energiverk ønsker en gjennomførbarhetsstudie. Det skal vurderes hva som er mest hensiktsmessig plassering og form av nytt reservekraftanlegg, samt vurdere gunstig trase til rørledningen. Det skal utredes hva som er nødvendig av sikringstiltak for å oppnå et sikkerhetsnivå som tilfredsstiller kravet til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S3 i TEK17, det vil si at største nominell årlig sannsynlighet for skred skal være 1/5000. Figur 3 viser helningskart fra området. To raviner skjærer i terrenget over energiverktomta. Fra tidligere skredfarevurderinger er det vurdert at løsneområder og skredløp går i disse ravinene. I gjennomførbarhetsstudien skal det utredes hva som er alternativer til sikringstiltak i disse ravinene, i terrenget over ravinene og i utløpsområdet på energiverktomta. I tillegg må sikringstiltak mot steinsprang fra bergskjæringen over tomta vurderes. Det skal vurderes hva anses som mest hensiktsmessige skredsikringstiltak og gis et grovt kostnadsoverslag på anbefalte løsninger.



Figur 1: Områdeavgrensning mottatt i tilbudsgrunnlaget. Tomten til Longyear energiverk som skal vurderes er uthevet med svart stiplet linje. Gule bygninger innenfor områdeavgrensningen er eksisterende energiverk. Nytt reservekraftanlegg er tenkt bygget i vestre del av prosjektområdet. Sentralt i området er arealer som tilhører LNS, som benyttes til lagerområde og tankanlegg.

Figur 2: Bilde fra tidligere skredfarerapport utarbeidet av Rambøll (Rambøll, 2015). Bildet viser ravinen over energiverktomta, samt eksisterende rørledning fra LNS-tankanlegget.



Figur 3: Helningskart hentet fra tidligere skredfarerapport (Rambøll, 2015). Energiverktomta ligger innenfor svart stiplet sirkel.

1.2 Befaring

Vurderingen i denne rapporten er basert resultater fra tidligere utførte skredfarevurderinger og egne vurderinger i felt. Befaring ble utført 7. og 8. juni 2017 av ingeniørgeologer Stefan Degelmann og Inger Lise Sollie, og geoteknikker Marit Bratland Pedersen. Første befaringsdag var det overskyet og regn, og ca. 6°, andre dag var det klart vær. Befaringen ble utført til fots, bak eksisterende energiverk, langs den vertikale bergskjæringen og i terrenget på toppkant av skjæringen. Det ble også gått langs ravinene og i terrenget over Burmaveien.
Marit B. Pedersen filmet deler av bergskjæringen med drone på ettermiddagen 8. juni. 27. juni 2017 mottok Rambøll innmåling av renseanlegget som skal ha blitt oppført i 2015.

1.3 Grunnlagsmateriale

- Rapport G-rap-001_Skredvurdering Bykaia_m. vedlegg (Rambøll, 2013)
- Rapport G-rap-001_Skredvurdering Longyearbyen del II (Rambøll, 2015)
- Rapport 91-2016 Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard (NVE, 2016)
- Rapport Vurdering av skredfare og forslag til sikring av Lia sør (Pedersen, 2007)
- Bilder fra sørpeskredhendelse over Flyplassvegen 05.06.2013
- Rapport 20081311-1 Burmavegen - Vurdering av skredfare (NGI, 2008)
- Rapport Vannledningsdalen – Et sammendrag av tidligere vurderinger av sikkerhet og tiltak (NGI, 2012)
- Rapport Vannledningsdalen, Longyearbyen. Sikring av bebyggelse og infrastruktur mot sørpeskred (NGI, 2012)
- Artikkel Hva skjer på Svalbard? Geoteknikk i et raskt endrende klima (Instanes, 2017)

2. REGELVERK OG RETNINGSLINJER

2.1 Plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift TEK 17

Krav til sikkerhet mot skred er gitt i Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK17 § 7-3), som inngår i plan- og bygningsloven.

«§ 7-3. Sikkerhet mot skred
(1) Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.
(2) For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for tiltaket fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides.»

Ved plassering av byggverk i skredfarlige områder er det definert tre sikkerhetsklasser for skred, se Tabell 1, inndelt etter konsekvens og største nominelle årlige sannsynlighet. Retningsgivende beskrivelse av eksempel på byggverk i de tre sikkerhetsklassene er gitt i TEK 17.
I vurderingen av hvilken sikkerhetsklasse byggverket havner i, må det tas hensyn til både konsekvenser for liv og helse, samt økonomiske verdier. I områder som kan utsettes for flere typer skred er det den samlede nominelle årlige sannsynligheten for skred som skal legges til grunn i vurderingen.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde [5]

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

2.2 Vurdert akseptabel skredrisiko for reservekraftanlegget

Longyearbyen energiverk ønsker at reservekraftanlegget skal tilfredsstille kravet til sikkerhet for sikkerhetsklasse S3 i TEK 17. For sikkerhetsklasse S3 tillates største nominell årlig sannsynlighet for skred på 1/5000.

I henhold til beskrivelsen i TEK 17 gjelder det at:

"For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S3, kan det vurderes å redusere kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S2 (1/1000), dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenhengen er eksponeringstiden for personer, antall personer som oppholder seg på utearealet mv."

Det legges til grunn at krav for sikkerhetsklasse S2 er tilfredsstillende sikkerhetsnivå for uteområdet til reservekraftanlegget.

3. TIDLIGERE SKREDFAREVURDERINGER

Det er tidligere utført skredfarevurderinger og fastsatt faresonegrenser som dekker området hvor energiverktomta er lokalisert. Rambøll har utført detaljkartlegging av skredfare i forbindelse med reguleringsplan for Bykaia i 2013 (Rambøll, 2013) og i forbindelse med reguleringsplan av Longyearbyen havn del II i 2015 (Rambøll, 2015). I 2016 utførte Multiconsult AS på oppdrag fra NVE, faresonekartlegging i utvalgte områder på Svalbard (NVE, 2016). Energiverktomta ligger i delområdet omtalt som *Longyearbyen*.

I henhold til utførte skredfarevurderinger fra både Rambøll og Multiconsult havner energiverktomta innenfor faresone S3, dvs. nominell årlig sannsynlighet for skred er vurdert å være større enn 1/5000, jf. krav til sikkerhet mot skred i plan- og bygningsloven og tilhørende byggteknisk forskrift TEK10 § 7-3. Rambøll vurderte snø- og sørpeskred som dimensjonerende skredtype,

dette basert på befaring, skredhistorikk og modellering i programvaren RAMMS. I modelleringen ble det definert løsneområder for sørpeskred i ravinene i området, og løsneområde for flaksnøskred ble definert mot toppen av fjellsiden mot Sverdruphamaren. Ved store flakskred ga modelleringen resultater som viste at snømasser kan kanaliseres i ravinene i terrenget og få utløp innenfor energiverktomta. Arealet som er tenkt benyttet til nytt reservekraftanlegg ligger delvis i definerte faresoner.

Multiconsult/NVE har vurdert at jord- og flomskred/sørpeskred er dimensjonerende skredtype i området der energiverktomta ligger. Fastsatte faresoner strekker seg lenger ut enn faresonene fastsatt av Rambøll, og hele arealet som er tenkt benyttet til nytt reservekraftanlegg ligger innenfor faresone 1/1000 og 1/5000. I vurderingen er det utført modellering, der løsneområder for sørpeskred er definert i ravinen over energiverktomta. Multiconsult har også vurdert at det er potensielle løsneområder for sørpeskred i øvre del av fjellsiden. Største deler av øvre del av fjellsida er definert som potensielt løsneområde for snøskred, men snøskred er vurdert å ikke være dimensjonerende for fastsettelse av faresonene.

Rambøll har vurdert at det ikke er fare for jordskred, dette basert på at det ikke er registrert områder med tilstrekkelig mengder løsmasser der terrenghelningen er over 30. Det er kartlagt bergblotninger og lite løsmasser i ravinene som potensielt kan kanalisere et løsmasseskred, og i tillegg forventes det at det er permafrost i bakken som vil bidra til fasthet i grunnen. Rambøll utelukker likevel ikke at mindre utglidinger kan forekomme. Multiconsult har vurdert at det er sannsynlig løsneområde for jordskred i ravinen, i terrenget over toppkant av bergskjæringen, i terrenget over Burmaveien, samt mindre områder i øvre del av fjellsiden mot Sverdruphammaren. Multiconsult har ikke gjort registreringer på spor etter skredaktivitet i terrenget rett over energiverktomta. I rapporten er det beskrevet at særlig i området over Burmaveien er løsmassene mer finkornet en i de fleste skråninger ellers, og følgelig at disse massene lettere kan bli vannmettet. Det er kommentert at det er en utflating i terrenget ovenfor ravinene. Utflatingen samler vann, slik at løsmasser (både jordmasser og snø) her kan bli vannmettet.

Både Rambøll og Multiconsult har vurdert at det er fare for steinsprang fra bergskjæringen i foten av fjellsiden. På grunn av steil skjæring og bergmassekarakteren er det vurdert at utfall vil få korte utløpslengder.

4. OBSERVASJONER FRA UTFØRT BEFARING

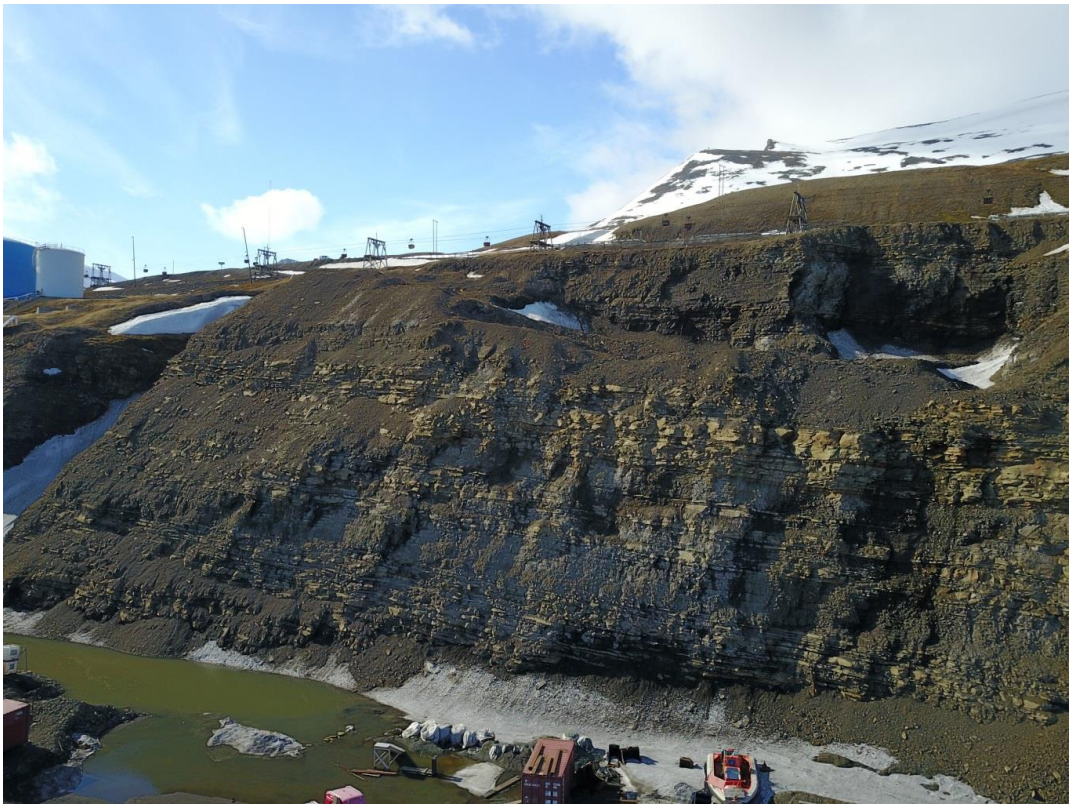
I dette kapittelet oppsummeres relevante observasjoner fra befaringen utført av Rambøll i juni 2017.

4.1 Områdebeskrivelse

Figur 4, Figur 5 og Figur 6 viser området som er merket som aktuell plassering til nytt reservekraftanlegg basert på skisse mottatt fra Longyear Lokalstyre, se Figur 1. Området benyttes i dag som lagerområde og ligger mellom Vei 600 og bratt bergskjæring mot sørvest. Avstanden mellom vegen og skjæringen er ca. 40-50 m. Aktuell plassering av reservekraftanlegget er øst for eksisterende avkjøring.

Figur 4: Aktuell plassering til reservekraftanlegget er indikert med rød stiplet linje.

Figur 5: Oversiktsbilde. Aktuell plassering til reservekraftanlegget er indikert med rød stiplet sirkel.



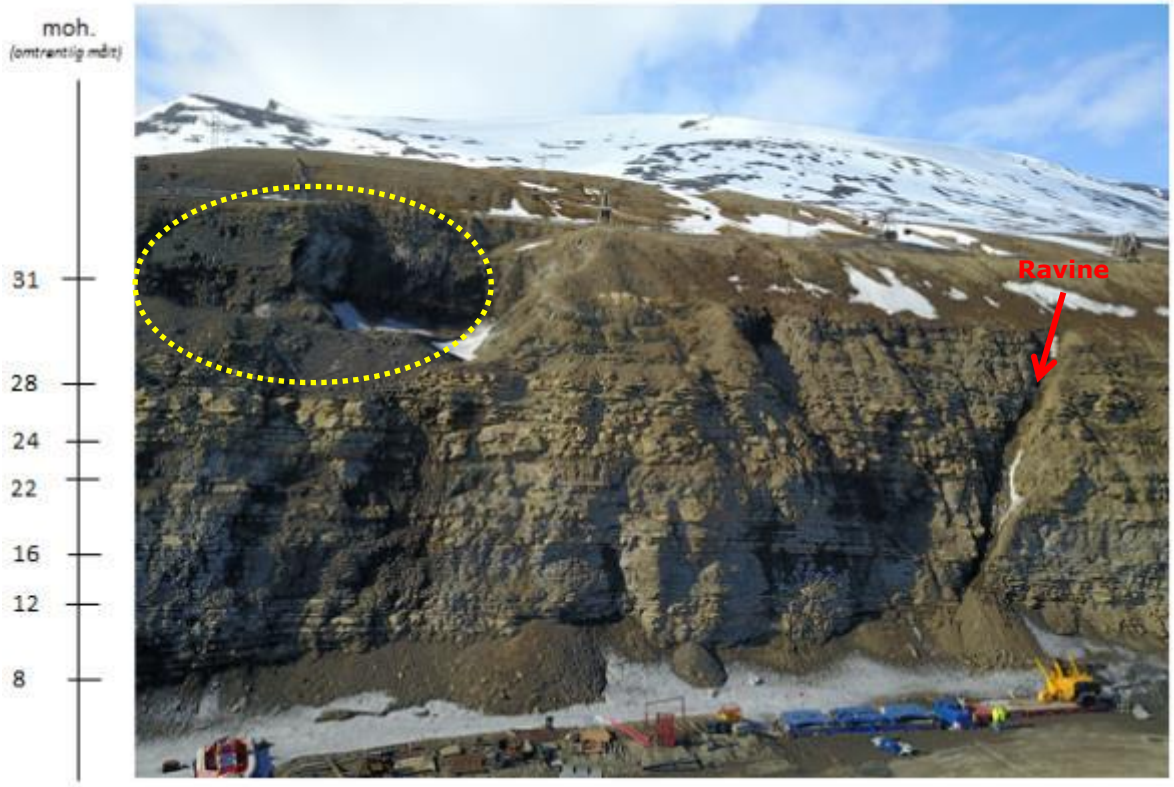
Figur 6: Bilde tatt i retning mot sørøst, og viser LNS-tankanlegg helt til venstre i bildet.

4.2 Berggrunn og løsmasser

Figur 7 viser bergmassen i skjæringen i området der der er aktuelt å plassere nytt reservekraftanlegg. Bergmassen består av sandstein som er sterkt oppsprukket. Fra avstand er følgende hovedsprekkeretninger observert:
Hovedsprekkesett 1: Tilnærmet horisontal lagdelingen/foliasjonen. Slakt fall inn i skjæringen, anslått fall på 10°mot sørvest. Sprekkeavstand 0-20 cm, og er gjennomgående i bergmassen.
Hovedsprekkesett 2: Skjæringsparallelt sprekkesett med steilt falt ut av skjæringen, anslått fall på 70° fall mot nordøst. Sprekkeavstand 10-50 cm, og er ikke gjennomgående i bergmassen.

Sprekketettheten og bergmassekarakteren varierer i horisontale lag. I Figur 7 er omtrentlige kotehøyder på de framtredende lagdelingene avmerket. Blokkig bergmasse er i lag fra omtrent kote 8-12, kote 16-22 og kote 24-28. I dissse lagene er dominerende blokkstørrelse 10-20 kg. Største observerte blokkstørrelse i skjæringen generelt er anslått i størrelsesorden 800 kg. Mellom de blokkige lagene er det bergmasse som er tettere oppsprukket og forvitrert, og nedfall vil kun være småstein som ryr ned.

I foten av skjæringen er det mye løsmasser som er nedfall fra skjæringen. Dominerende blokkstørrelser er 10-20 kg og mindre. Utfall med lengst registert utløp som ble observert var ca. 11 m ut fra skjæringesfoten. Området benyttes som lagerområde, og det kan ikke utelukkes at nedfall med lengre utløp er ryddet bort. I øverste del av skjæringen, omtrent fra kote 31, er det løsmasseskråning. Det ligger mye løsmasser i hyllen i skråningen, indikert med gul stiplet sirkel i Figur 7.

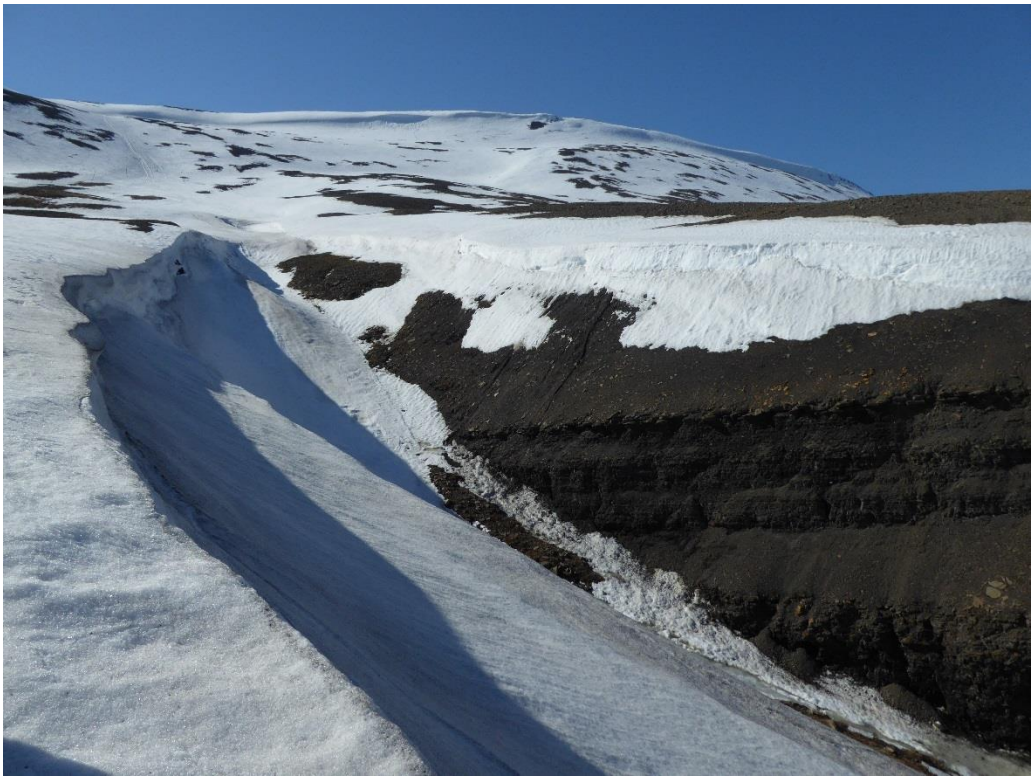


Figur 7: Bergskjæring i området der det er aktuelt å plassere reservekraftanlegget. Skala viser omtrentlig mål høydekote av lagdelingen i bergmassen. Høydedata er basert på kartlegging med drone. Gul stiplet linje viser hylle i skråningen.

4.3 Raviner

I foten av fjellsiden langs Flyplassveien er det flere raviner. En ravine skjærer i skråningen rett over energiverktomta, som er tydelig i kartet Figur 1 og avbildet i Figur 2. En annen markant ra-

vine har utløp omtrent 150 m vest for energiverktomta. Begge disse ravinene er tydelig på helningskartet i Figur 3. Skredløp i ravinene er vurdert som dominerende for fastsettelse av faresoner i området av energiverktomta, se kapittel 4. Figur 8, Figur 9 og Figur 10 viser bilder av ravinen over energiverktomta (ravinen lengst øst) tatt under befaringen i juni 2017. Det ligger mye fokksnø i ravinen, som har blåst inn fra sørøst. Fra omtrent kote 30 stiger ravinen forholdsvis jevnt omtrent 400 m med helningen på ca. 15°. Ved utløpet er ravinen brattere, ca 30-40°. Sidekantene er 30-45°, og stedvis partier som er 45-60°. Ravinen merket på bildet i Figur 7 er liten og bratt (over 50°), og framkommer ikke på helningskartet.



Figur 8: Øverste del av ravinen over energiverket. Bilde tatt på befaring 08.06.2017 (Rambøll).

Figur 9: Ravinen over energiverktomta i terrenget over Burmaveien. Bilde tatt på befaring 08.06.2017 (Rambøll).

Figur 10: Ravinen over energiverktomta fra bru på Burmavegen og nedover terrenget. Bildet tatt på befaring 07.06.2017 (Rambøll)

5. DESIGNGRUNNLAG (FORUTSETNINGER FOR VALG AV SIKRINGSLØSNING)

5.1 Tidligere skredhendelser

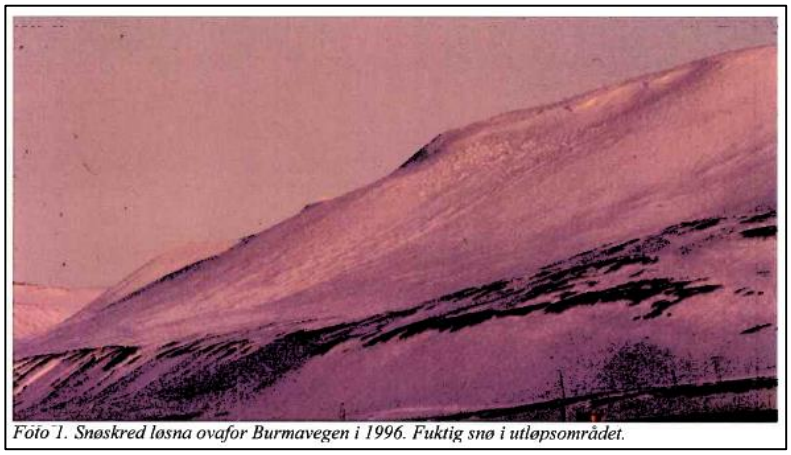
I rapportene utarbeidet av Rambøll (Rambøll, 2013) (Rambøll, 2015) og Multiconsult (NVE, 2016) er det omtalt tre skredhendelser i nærheten av energiverktomta:

- I juni 2013 gikk et våtsnø/sørpeskred inn på området for Bykaia. Sørpeskredet gikk noe over Vei 600 og med det resultat et noen containere ble flyttet. Ingen personer ble skadet i skredet.

Figur 11: Bilde fra sørpeskredet 05.06.2013. Foto: Marit B. Pedersen.

- 30. januar 2012 skrev Svalbardposten at et sørpeskred stengte Vei 600 ca 300 m vest for Bykaia. Skredet ble etterhvert ryddet, og snøen i rennene på nedsiden av Burmaveien ble fjernet – før veien åpnet igjen. Det gikk i samme tidsrom med en rekke skred i området i og ved Longyearbyen.

- I 1996 har det gått et snøskred i skråningen over Burmavegen, omtrent 900 m nordvest for energiverktomta. Snøen var våt i avsetningsområdet. Hendelsen er rapportert av NGI i rapporten *Burmavegen. Vurdering av skredfare* (NGI, 2008).



Figur 12: Bilde fra skredfarerapport for Burmaveien utarbeidet av NGI (NGI, 2008). Bildet viser snøskredet som løsnet i 1996.

Disse tidligere skredhendelsen gir et inntrykk av sannsynlig størrelse på snø- og sørpeskredhendelser som kan forekomme også i framtida. Hvordan forventet klimaendring vil påvirke prosjekteringsforutsetningene er omtalt i følgende kapitler.

5.2 Dimensjonerende skredtyper og faresoner for skred

5.2.1 Sammenlikning av tidligere definerte faresoner

Gjennomgang av tidligere utførte skredfarevurderinger, viser at det er forskjeller i vurderingen som er gjort. Hovedforskjellen er at Rambøll har vurdert snø- og sørpeskred som dimensjonerende skredtype, mens Multiconsult/NVE har vurdert jord- flom/sørpeskred som dimensjonerende skredtype. Faresonegrenser fastsatt av Rambøll har kortere utstrekning enn faresoner fastsatt av Multiconsult/NVE. Begge har vurdert at det er fare for steinsprang fra bergskjæringen i foten av fjellsiden, men at utløpene er forholdsvis kort.

På generelt grunnlag vil det være rimelig å forvente at skredfarevurdering utført av Rambøll har et høyere detaljnivå enn faresonekartleggingen i regi av NVE, dette fordi kartleggingsområdet Rambøll har vurdert er vesentlig mer avgrenset.

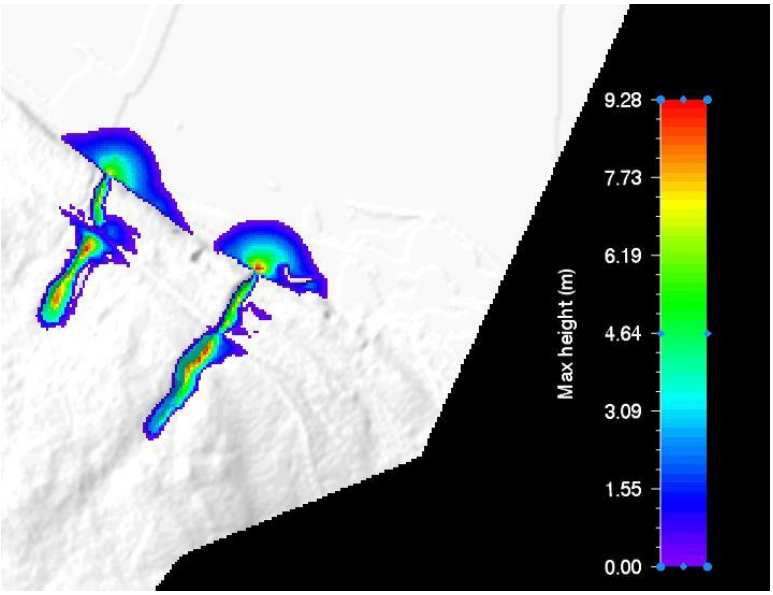
I motsetning til Multiconsult/NVE har Rambøll vurdert at det ikke er fare for jord- og flomskred. Potensialet for utløsing av jord- og flomskred ble nærmere vurdert under befaringen utført i forbindelse med dette oppdraget (juni 2017). I ravinene ble det observert lite løsmasser. I en eventuell framtidig situasjon der permafrosten tiner og det aktive laget blir tykkere, vil dette bidra til avløsning av bergmasse og økt forvitring. I en ravinen vil fint materiale som dannes av pågående forvitring vaskes ut kontinuerlig, og følgelig vurderes det å ikke være sannsynlig at det vil akkumuleres store mengder jordmasser som kan utløses i en skredhendelse. Det vurderes med dette å ikke være et sannsynlig løsneområde for jord- og flomskred i ravinene over energiverktomta. I terrenget på siden av ravinene og over Burmaveien vurderes det å være for slakt til at utløsning av jordskred er sannsynlig. Unntaket er en liten skråning over Burmaveien vest for ravinen, som potensielt er bratt nok til at jordskred kan utløses. Skråningens utstrekning er liten, og høydeforskjellen er 5-6 m. Det er ingen spor etter tidligere skredhendelse i området. Løsmassene i skråningen er sand, grus og stedvis en liten andel av leirig-siltig materiale. Utglidninger kan ikke utelukkes som følge av erosjon av overflatevann, men på grunn av skråningens utstrekning vil det være snakk om små mengder. Det vurderes at masser som kan gli ut vil stoppe på Burmaveien. Med dette er det ikke observert løsneområder for jord- og flomskred som kan få utløp til energiverktomta.

Det er med dette valgt å legge til grunn faresoner fastsatt av Rambøll (Rambøll, 2013) (Rambøll, 2015) i vurderingen angående plassering av reservekraftanlegget.

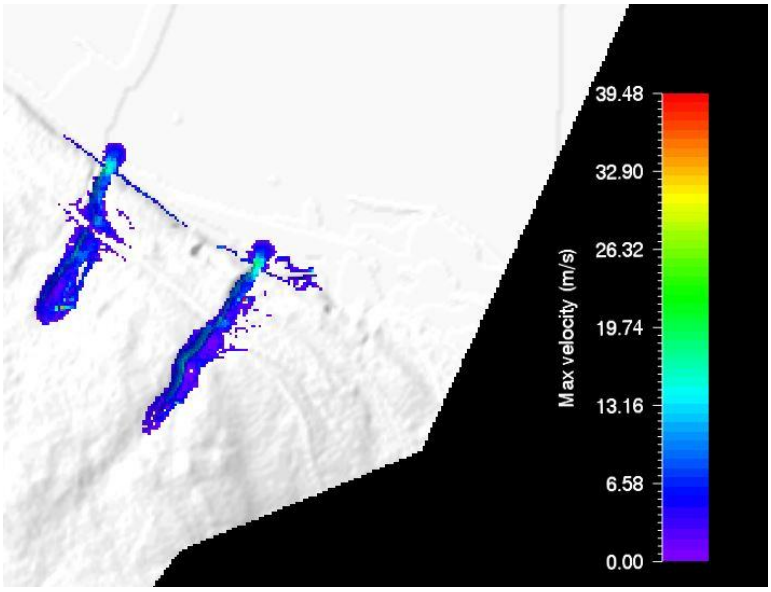
I en ny klimarapport for Longyearbyen-området utarbeidet av Meteorologisk institutt kommer det fram at årsnedbør og sesongnedbørforventes å øke de neste 50-100 årene. (Norsk Meteorologisk Institutt, 2017). I vinterhalvåret beregnes det opptil en tredobling i antall mildværsepisoder med nedbør i form av regn sammenlignet med dagens situasjon. Da overgangen mellom sørpeskred og flomskred kan være flytende, har Rambøll lagt til grunn at sikringstiltak som utredes også vil fungere som sikring mot flomskred. Skredsikringstiltak som da er aktuelle å utrede er sikringstiltak mot snøskred og sørpeskred/flomskred som kanaliseres i ravinene, samt sikringstiltak mot steinsprang fra skjæringen over tomta.

5.2.2 Dimensjonerende verdier for sikringstiltak mot snøskred, sørpeskred og flomskred.

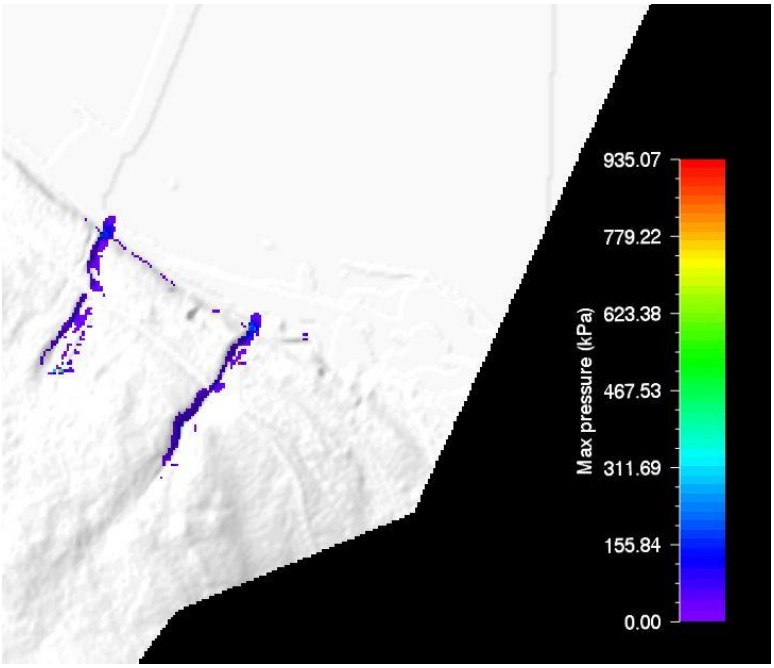
Figur 13, Figur 14 og Figur 15 viser utvalgt resultat fra tidligere modellering av sørpeskred fra ravinen utført av Rambøll (Rambøll, 2013). (Filnavn: 6130319_skredvurdering_S5000_rel2_var_losnehoyder). Figurene viser henholdsvis flythøyde, hastighet og trykk til skredmassene for en skredhendelse som er vurdert som dimensjonerende for fastsettelse av faresone 1/5000.



Figur 13: Utvalgt resultat fra tidligere utført modellering av sørpeskred i RAMMS. Resultatet viser flyhøyde til skredhendelse som har vært dimensjonerende for fastsettelse av faresone 1/5000.



Figur 14: Utvalgt resultat fra tidligere utført modellering av sørpeskred i RAMMS. Resultatet viser hastighet til skredmassene for en skredhendelse som har vært dimensjonerende for fastsettelse av faresone 1/5000.



Figur 15: Utvalgt resultat fra tidligere utført modellering av sørpeskred i RAMMS. Resultatet viser trykk i skredmassene til en skredhendelse som har vært dimensjonerende for fastsettelse av faresone 1/5000.

5.2.3 Dimensjonerende verdier for steinsprang

Angående faresone for steinsprang er det valgt å legge til grunn egne observasjoner fra utført befaring. I felt ble det observert blokk i størrelsenes 10-20 kg som lå 11 m fra skjæringsfoten i området der det er aktuelt å plassere reservekraftanlegget. I området bak eksisterende anlegg lå det blokker ca. 7 m fra skjæringsfoten. Det er usikkert om blokkene er flyttet etter at de har kommet ned, men etter samtale med Longyearbyen Lokalstyre er det stor sannsynlighet for at blokkene ligger på sitt naturlige sted. Basert på oppsprekkingen i skjæringen, observert nedfall og lokalkunnskap kan det forventes at det vil komme nedfall i størrelsesorden 10-20 kg flere ganger årlig. Område med forventet hyppigst nedfall er øverste ¾ av skjæringen. Bergmassen er

generelt sterkt oppsprukket, og nedfall av større blokker vil være sjeldent. Basert på observasjoner i felt og dronekartlegging, forventes sannsynlige største blokkstørrelser å være i størrelsesorden 1-3 tonn (0,5-1 m3). Blokkformen er hovedsakelig rektangulær. Hovedoppsprekkingen i skjæringen har fall inn i skråningen, og observerte sprekkeplan som kan gi avløsning i bakkant er ikke gjennomgående. Følgelig vurderes totalstabiliteten i skjæringen å være stabil, og at det ikke er fare for store steinskred. På grunn av terrenget og blokkform, vurderes det at det vil være liten forskjell på utløpslengden til 100-års, 1000-års og 5000-års steinspranghendelse. Lengste utløp vil en få når nedfall treffer tidligere nedfall på bakken og får sprettbevegelse.

I forbindelse med vurderingen angående tilrettelegging av uteområdet rundt eksisterende anlegg, se G-rap-001, ble det utført steinsprangmodellering i programvaren RocFall 4.0 (Rocscience). Modellen vurderes som representativ også for området der reservekraftanlegget er tenkt plassert. I analysen ble det antatt egenvekt for bergarten i skjæringen er satt til 27 kN/m^3, og det ble definert blokkstørrelse på 800 kg. Det er satt løsnepunkt mellom kote 12 og kote 15, mellom kote 25 og kote 31, som representerte høydenivå på lag av blokkig i bergmasse. Resultatene fra analysen kort oppsummert er:

- Blokker som løsner fra det øvre partiet treffer bakkenivået opp til 5 meter ut fra skjæringsfot.
- Blokker som løsner fra det øvre området har en energimengde i størrelsesorden 20-50 kJ etter ett treff med bakken på omtrent kote 7.
- Blokker som løsner fra det øvre området og går til skjæringsfoten, har en energimengde i størrelsesorden 20-140 kJ før de treffer bakken.
- Blokker har dominerende rullebevegelse i utløpsområdet på bakken. Modelleringen viser spretthøyder under 0,5 m etter første treff med bakken.

Basert på observasjoner i felt og modelleringsresultat legges det til grunn at faresone 1/5000 går 13 m ut fra skjæringsfot. Faresone 1/100, 1/1000 og 1/5000 vurderes å være sammenfallende. Energimengder avhenger av plasseringen av sikringstiltak, men anslås å være godt under 500 kJ. Ved detaljprosjektering av tiltak må dimensjonerende energimengde utredes nærmere med supplerende modelleringer med en modell av aktuell plassering.

5.3 Tilstand eksisterende rørledning

Eksisterende rørledning er vist på bildet i Figur 2. Eksisterende rørledning går ca. 1 m over bakkenivå, og krysser utløpsområdet til ravinen over tomta. Slik eksisterende rørledning går i dag vurderes kravet til sikkerhet for sikkerhetsklasse S3, det vil si at største årlig nominell sannsynlighet for skred er 1/5000, ikke å være ivaretatt.

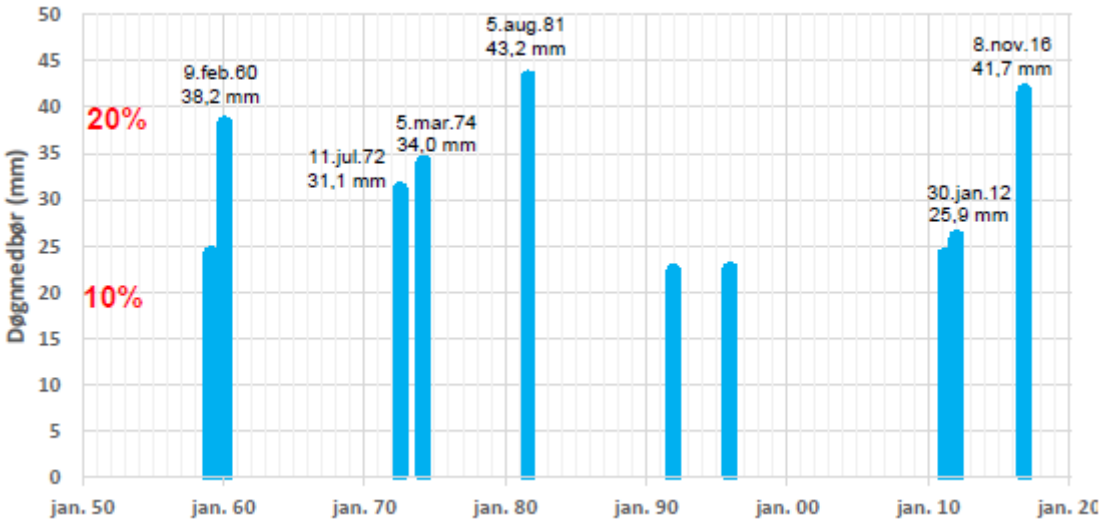
5.4 Klima

Ved dimensjonering av sikringstiltak legges det til grunn klimadata fra klimaanalyser utført av Rambøll og Multiconsult i forbindelse med tidligere vurderinger (Rambøll, 2013), (Rambøll, 2015) og (NVE, 2016). Instanes AS, Meteorologisk institutt og Rambøll Norge AS har i forbindelse med et omfattende forskningsprosjekt i regi av Statsbygg utarbeidet tre rapporter angående bygging og forvaltning på Svalbard i et langsiktig klimaperspektiv. Resultater og konklusjoner i disse rapportene her også tatt hensyn til i vurderingen av anbefalte sikringstiltak

Følgende klimadata er avgjørende for valg av skredsikringstiltak:

- Dominerende vindretning er fra sør, mens vinder med sterkest og lengst varigheter fra sørøst (NVE, 2016). Dette er i samsvar med observert snøansamling i ravinene, der snøskavler ligger på østsiden av ravinene.
- Det vil fortsatt være permafrost i Longyearbyen til langt etter år 2100 (Statsbygg, 2018)
- Mektigheten på aktivt lag, dvs. tykkelsen på laget som tiner i sommerhalvåret, må forventes å øke fra i størrelsesorden 1,5 m til nærmere 2,5 m frem mot 2100 (Instanes, 2017).
- De siste årene har det vært en klar økning i nedbør i form av regn i vinterhalvåret (Statsbygg, 2018).

- Observert midlere årsnedbør for Svalbard lufthavn er 196 mm for referanseperioden 1971-2000 (Norsk Meteorologisk Institutt, 2017).
- Figur 16 viser de 10 største nedbørshendelsene i Longyearbyen i perioden 1958 til 2016. På figuren er 10% og 320% av årsmiddelnedbøren markert, henholdsvis 19mm og 38 mm på ett døgn (Instanes, 2017).



Figur 16: Største døgnnedbørshendelsene Longyearbyen – data fra eklima.no og Meteorologisk institutt. Kilde: (Instanes, 2017).

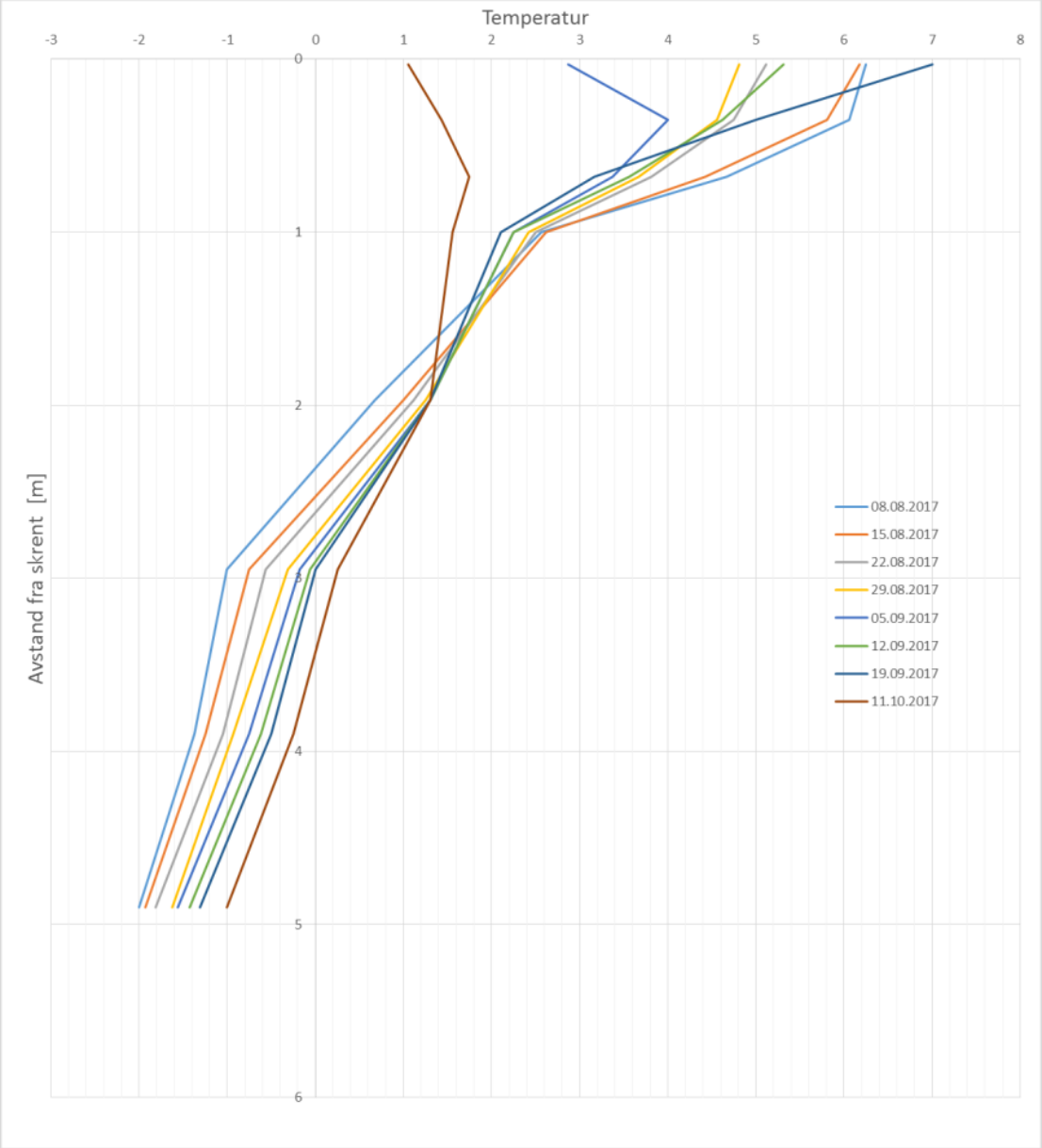
5.5 Levetid

På grunn av stor usikkerhet angående temperatur og framtidig klimautvikling, legges det til grunn at sikringstiltak skal ha en levetid (dimensjonerende brukstid) på 20 år. Det anbefales kontinuerlig måling av dybden til det aktive laget og temperaturprofilet i skjæringen. I tillegg anbefales jevnlig kontroll og vedlikehold (anbefalt hvert 5. år) av sikringskonstruksjoner. Skader på sikringskonstruksjoner må utbedres fortløpende. Etter 15 år anbefales det at gjenværende levetid til konstruksjonene vurderes.

5.6 Forankringsforhold

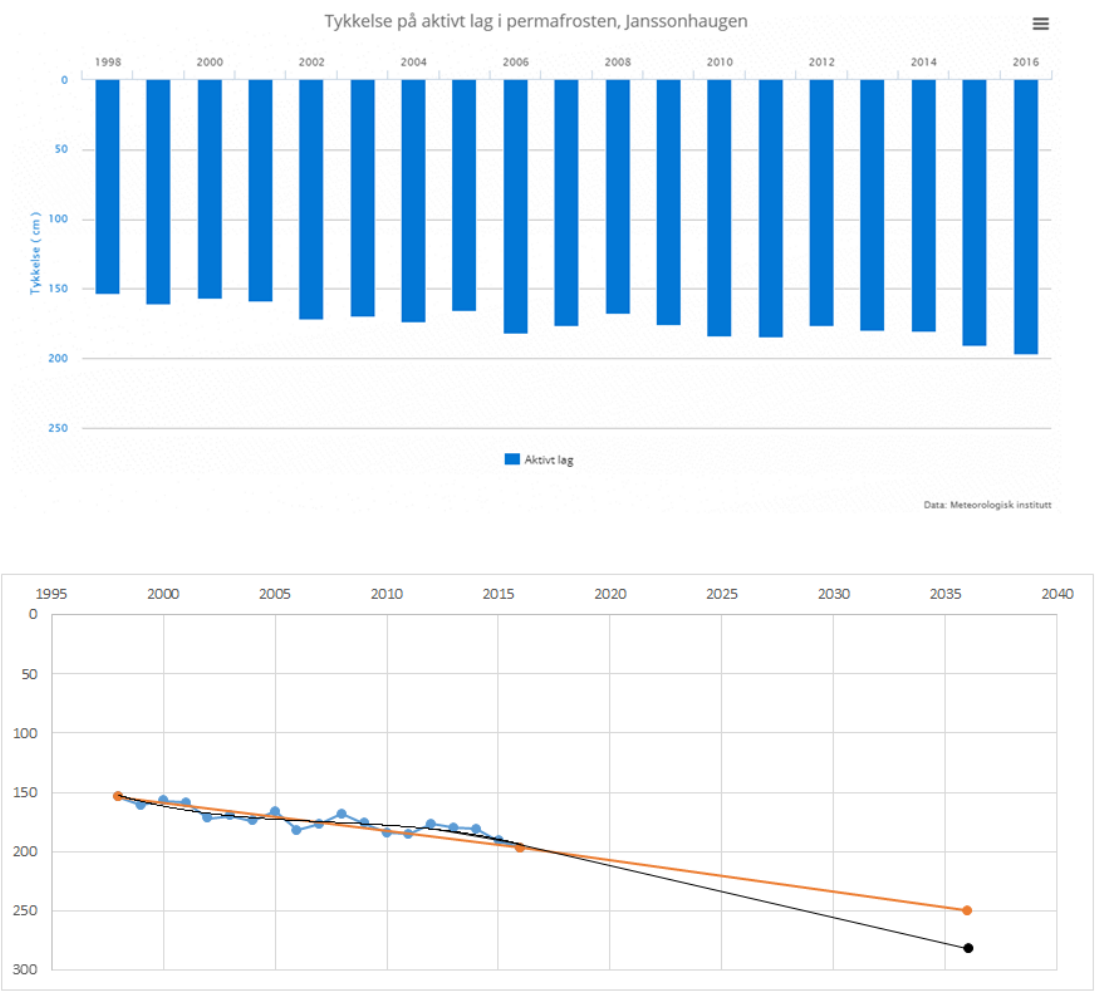
Ved forankring av sikringstiltak må det tas hensyn til permafrostens tinedybde, og må ta hensyn til at det forventes klimaendringer som fører til økt tinedybde.

I juli 2017 ble det installert en termistor i bergskjæringen bak eksisterende energianlegg i forbindelse med Rambøll sin vurdering av sikringstiltak (delleveranse 1). Termistoren er levert av Geo-Presicion. Denne er installert for å måle dybden til det aktive laget og temperaturprofil i skjæringen på stedet. Termistoren er 8 m lang, og skulle optimalt sett vært installert normalt på fronten av skrenten. Etter at installasjonen var utført viste det seg at den var installert med vinkel, og at innerste målepunktet ligger 4,9 meter vinkelrett inn i skrenten. Normalt er maksimal tinedybde på Svalbard er i løpet av september – oktober. Figur 17 viser resultat fra målingen høsten 2017. -0,5°C ligger omtrent 4,2 m inn i skjæringen.



Figur 17: Foreløpig resultat av temperaturmåling i skrenten bak eksisterende energiverk. Målingen er satt i gang av Rambøll i forbindelse med detaljprosjektering av sikringstiltak for eksisterende energiverk. -0,5 °C ligger ca. 4,2 m inn i skjæringen.

På Jonssonhaugen, 20 km fra Longyearbyen, har det siden 1998 foregått overvåking av permafrostens temperaturprofil (MOSJ, 2017). Statistikk fra målingene er tilgjengelig på hjemmesiden til Miljøovervåking Svalbard og Jan Mayen (MOSJ). Basert på tilgjengelig data fra denne undersøkelse er det mulig å tolke opptiningen videre over de neste 20 år. Et lineært forløp ville føre til en maksimal opptiningsdybde (aktivt lag) av knapt over 50 cm utover dagens verdi. En annen mulighet er et polynomisk forløp med rekkefølge 3, noe som fører til en opptiningsdybde av ca. 80 cm utover dagens verdi (se Figur 18).



Figur 18: Øverst: Statistikk fra Miljøovervåking Svalbard og Jan Mayen MOSJ på grunnlag av data fra Meteorologisk institutt (MOSJ, 2017). Nederst: Vår tolkning for fremtidig utvikling, lineært(oransje linje) og polynomisk (svart linje).

I henhold til forskningsrapport på utarbeidet av Instanes AS forventes mektigheten på det aktive laget å øke fra i størrelsesorden 1,5 m til nærmere 2,5 m fram mot 2100 (Instanes, 2017). Det vil si en økning på ca. 1 m de neste 80 år.

Almaviva AS har på oppdrag fra NVE utarbeidet et kompendium til bruk ved fundamentering og skredsikring i områder med permafrost (Larsen, 2016). Ved forankring av støtteforbygninger i løsneområder for snøskred anbefales det å forankre minimum 4 m under det forventede -1°C nivået i levetiden for konstruksjonen.

På grunn av at det er stor usikkerhet knyttet til framtidige klimaendringer er det følgelig stor usikkerhet angående nødvendig forankringsdybde. Ved detaljprosjektering av sikringskonstruksjoner, må dybden til det aktive laget og temperaturprofil i permafrosten måles nøyaktig på stedet. I en detaljprosjekteringsfase anbefales det også å legge opp til en diskusjon med andre aktører som har erfaring med fundamentering i permafrost, for å komme fram til nødvendig forankringslende. Ved innhenting av kostnadsoverslag i denne forprosjektfasen vurderer Rambøll at det er rimelig å ta utgangspunkt i 6 m forankringsdybde. 6 m forankringsdybde framkommer av 4,2 m målt dybde til -0,5 °C i skjæringen bak eksisterende anlegg, prognose på 0,8 m tining i løpet av 20 års levetid basert på tolkning av målingene ved Jonssonhaugen, samt eget erfaringstall med 1 m innfesting i god bergmassekvalitet. God bergmassekvalitet vil i dette tilfellet være i permafrost. Eventuelle sigekrefter er ikke tatt hensyn til, og må utredes i en detaljprosjekteringsfase.

5.7 Tilgjengelig areal

Det er ønskelig å plassere reservekraftanlegget vest for tomten til LNS. Plasseringen og utformingen på reservekraftanlegget og omfanget av nødvendig skredsikringstiltak avhenger av plassbehovet til det nye anlegget. Det er ikke utredet hvor stort bygget må være for å få plass til de tekniske installasjonene, og det er ikke klart hvor stort uteareal som trengs for adkomst og lagring. Tomtearealet vest for LNS-tomta er omtrent 4700 m^2 fra Vei 600 og inn til foten av skjæringen. Areal som ligger utenfor faresoner for skred er omtrent 1050 m^2. I kapittel 6 er det gjort en gjennomførbarhetsanalyse som belyser at nødvendig sikringsomfang avhenger av hvor stort areal som trengs for det nye anlegget og tilhørende uteareal. Hvordan bygget bør utformes må utredes når det er klart hvor stort areal som kreves for de tekniske installasjonene.

6. GJENNOMFØRBARHETSANALYSE

Nødvendige dimensjoner på reservekraftanlegget avhenger av tekniske installasjoner og er ikke er kjent ved utarbeidelse av denne rapporten, og Rambøll har derfor utredet alternative bruksområder som kan benyttes til reservekraftanlegget og tilhørende uteareal. I tillegg er ulike alternative traseer for rørledning vurdert.

4 alternative bruksområder for plassering av reservekraftanlegget og tilrettelegging for uteområde er utredet. Alternativene som er utredet er:

Alternativ 1: Bruksområdet ligger fullstendig utenfor faresoner for skred. Ca. 1050m^2 areal kan benyttes.

Alternativ 2: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 for snø- og sørpeskred, men utenfor for steinsprang. Ca. 1800 m^2 areal kan benyttes.

Alternativ 3: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 og 1/1000 for snø og sørpeskred, men utenfor faresone for steinsprang. Totalt areal som kan benyttes er ca. 2650 m^2.

Alternativ 4: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/1000 og 1/5000 for snø og sørpeskred og innenfor faresone 1/5000 for steinsprang. Ca. 3450 m^2 areal kan benyttes.

3 alternative traser for rørledningen er utredet:

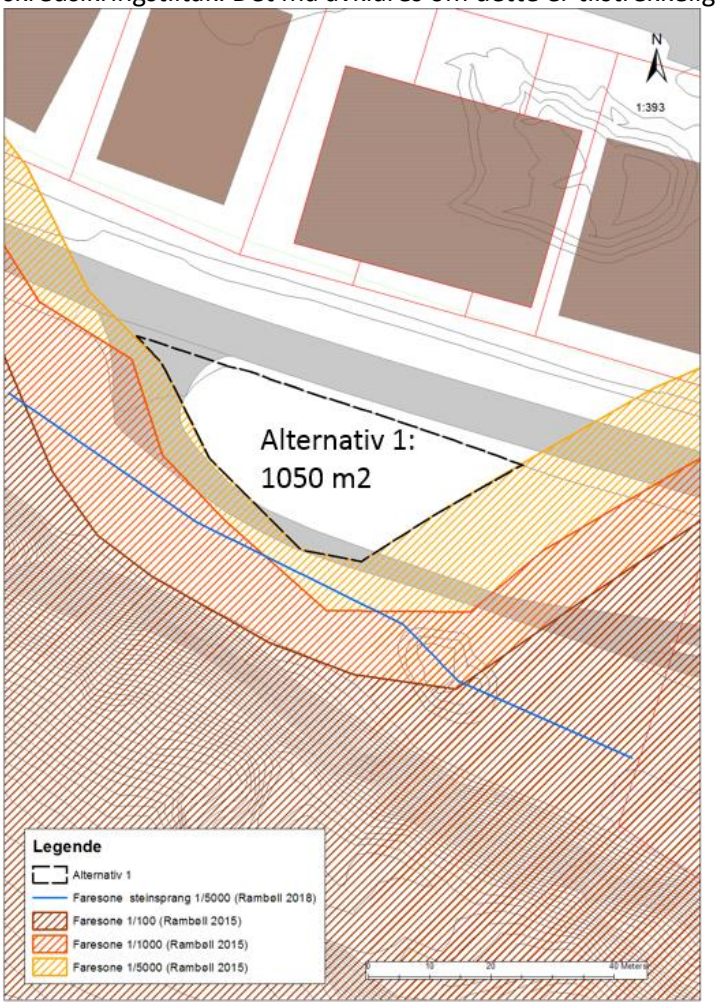
Alternativ A: Legge den over ravinen på toppkant av skråningen. Over berghylle.

Alternativ B: Legge den over ravinen på toppkant av skråningen. I berghylle.

Alternativ C: Bruke eksisterende trase og forlenge denne. Beskyttende konstruksjon. Ikke anbefalt.

6.1 Alternativ 1: Bruksområdet ligger utenfor faresoner for skred

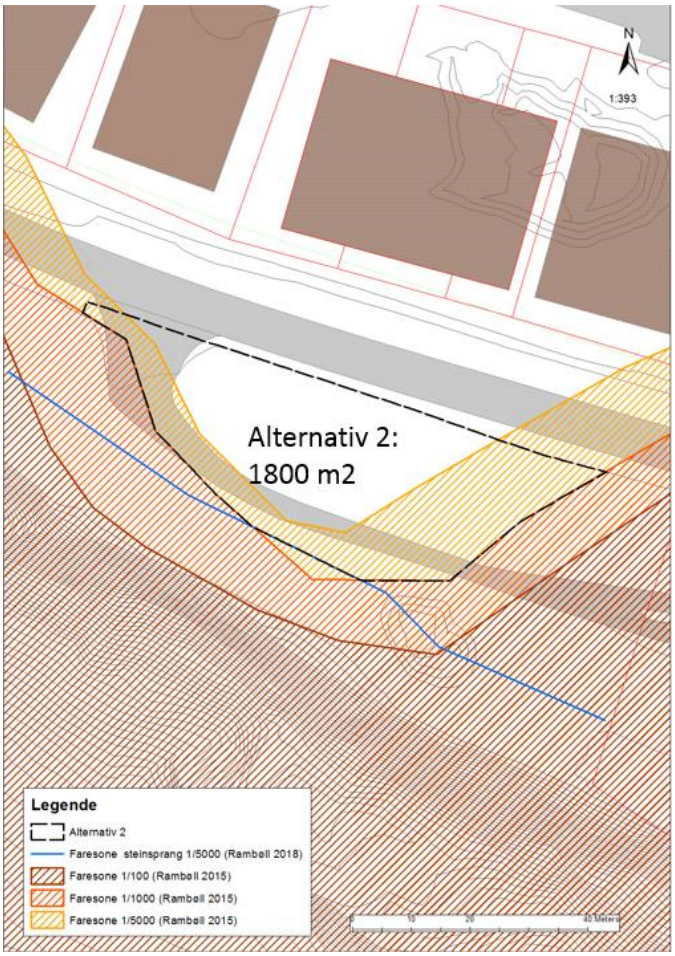
Reservekraftanlegget og uteområde begrenses til arealet utenfor fastsatte faresoner for skred, se Figur 19. Omtrentlig areal som kan benyttes er 1050 m^2. Ved en slik løsning er det ikke behov for skredsikringstiltak. Det må avklares om dette er tilstrekkelig plass for nytt bygg og uteareal.



Figur 19: Bruksområde Alternativ 1. Svart stiplet linje indikerer yttergrense av arealet som kan benyttes til reservekraftanlegg og uteområde.

6.2 Alternativ 2: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 for snø- og sørpeskred, men utenfor faresone for steinsprang.

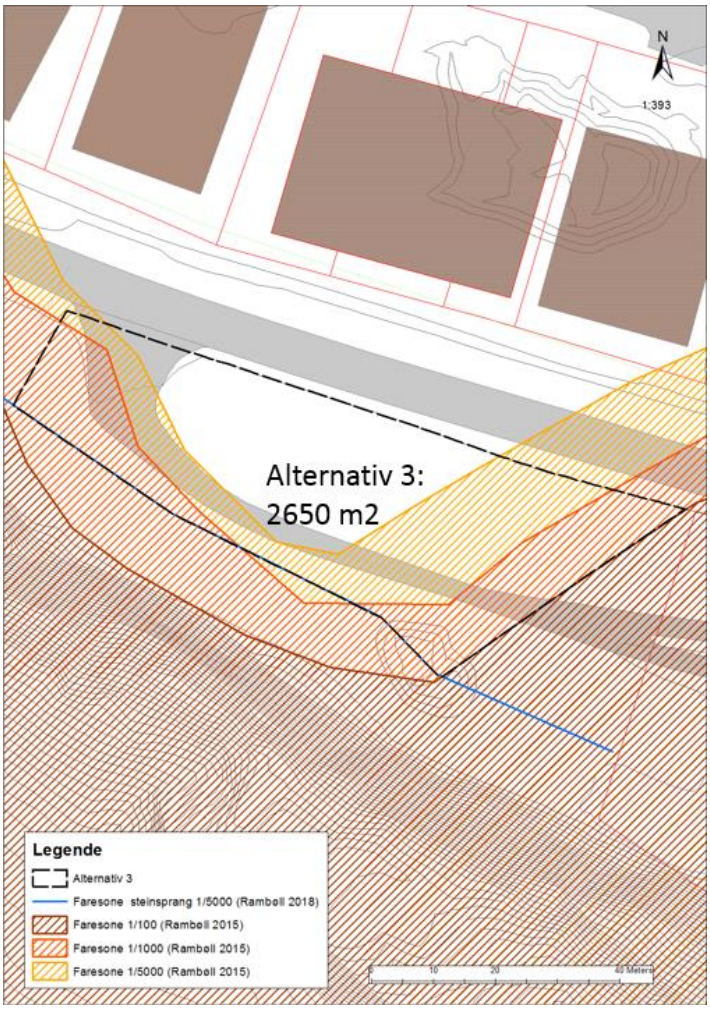
Alternativ 2 vil være å begrense bruksområde for reservekraftanlegget og uteområde til areal utenfor faresone 1/1000 for snø- og sørpeskred og utenfor faresone for steinsprang, se Figur 20. Faresonegrense for steinsprang er indikert med blå linje, der faresone 1/5000, 1/1000 og 1/100 er vurdert å være sammenfallende. Omtrentlig areal som kan benyttes er 1800 m^2. Areal utenfor faresone er ca. 1050 m^2 (se Alternativ 1), og det vil være gunstig å utnytte dette arealet til reservekraftanlegget. Dersom 1050 m^2 er tilstrekkelig areal for oppføring av anlegget, er det kun uteområdet som havner innenfor faresone for skred. I henhold til TEK 17 er det vurdert at krav for sikkerhetsklasse S2 er tilfredsstillende sikkerhetsnivå for uteområdet til reservekraftanlegget. Med dette er det ikke nødvendig med sikringstiltak dersom reservekraftanlegget legges utenfor definerte faresoner, og uteområde begrenses til arealet utenfor faresone 1/1000 og faresone 1/1000 (sammenfallende med faresone 1/5000) for steinsprang. Faresonegrense for steinsprang er indikert med blå linje i Figur 20. Dersom reservekraftanlegget blir av en størrelse som gjør at areal innenfor faresone 1/5000 for snø- og sørpeskred må benyttes, må det utføres sikringstiltak mot snø- og sørpeskred. Aktuelle sikringstiltak er omtalt i kapittel 7.



Figur 20: Bruksområde Alternativ 2. Svart stiplet linje indikerer yttergrense av arealet som kan benyttes til anlegg og uteområde.

6.3 Alternativ 3: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 og 1/1000 for snø og sørpeskred, men utenfor faresone for steinsprang.

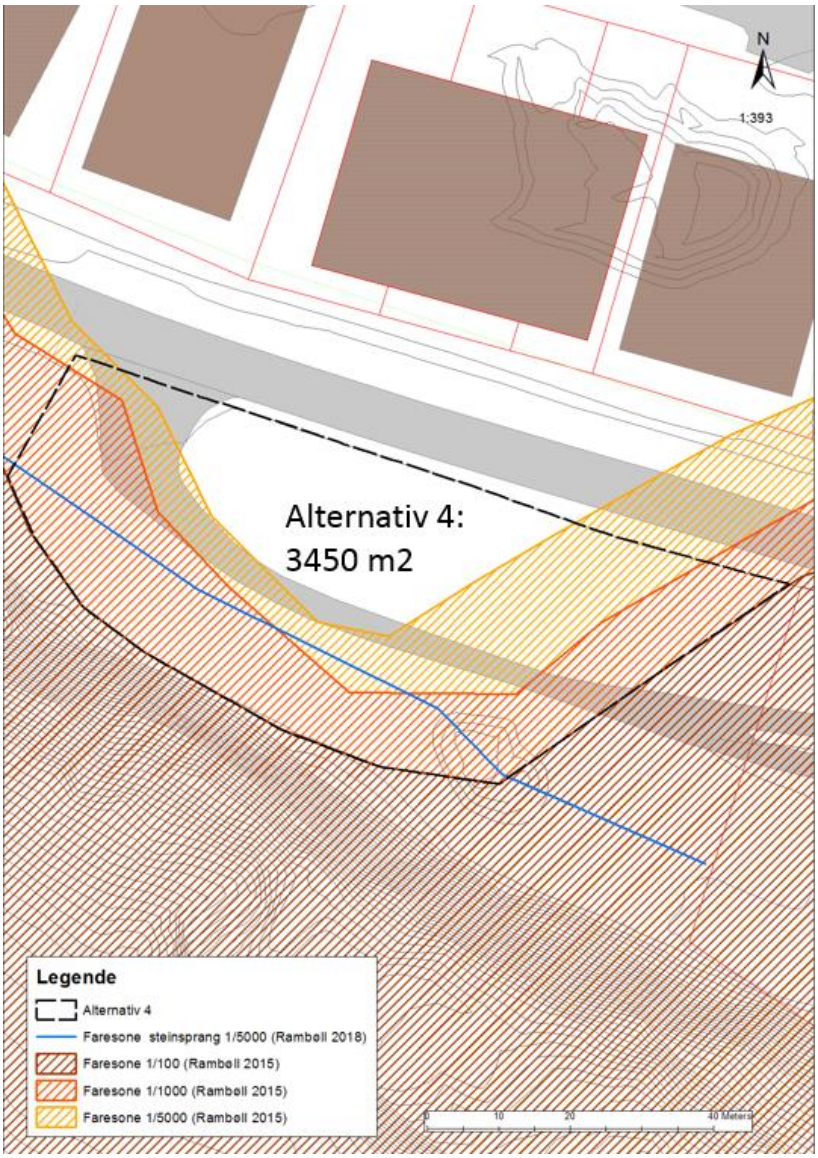
Alternativ 3 vil være å begrense bruksområde for reservekraftanlegget og uteområde til areal utenfor faresone 1/100 for snø og sørpeskred ligger innenfor faresone 1/1000 og 1/5000 for snø- og sørpeskred, og utenfor faresone for steinsprang, se Figur 21. Faresonegrense for steinsprang er indikert med blå linje, der faresone 1/5000, 1/1000 og 1/100 er vurdert å være sammenfallende. Omtrentlig areal som kan benyttes er 2650 m^2. Tilsvarende som for alternativ 2 vil det ikke være behov for sikringstiltak dersom reservekraftanlegget kan plasseres utenfor definerte faresoner, der arealet som kan benyttes er ca. 1050 m2. Sikringstiltak mot snø- og sørpeskred må utføres dersom reservekraftanlegget havner innenfor definerte faresoner 1/5000 og 1/1000. Omfanget av sikringstiltak avhenger av om bygget havner innenfor både faresone 1/5000 og 1/1000, eller kan begrenses til arealet innenfor faresone 1/5000. Sikringstiltak mot snø- og sørpeskred for uteområdet må utføres dersom det ønskes å benytte arealet innenfor faresone 1/1000. Aktuelle sikringstiltak er utredet i kapittel 7.



Figur 21: Bruksområde Alternativ 3. Svart stiplet linje indikerer yttergrense av arealet som kan benyttes til reservekraftanlegg og uteområde.

6.4 Alternativ 4: Bruksområdet ligger innenfor faresone 1/5000 og 1/1000 for snø og sørpeskred, og innenfor faresone for steinsprang.

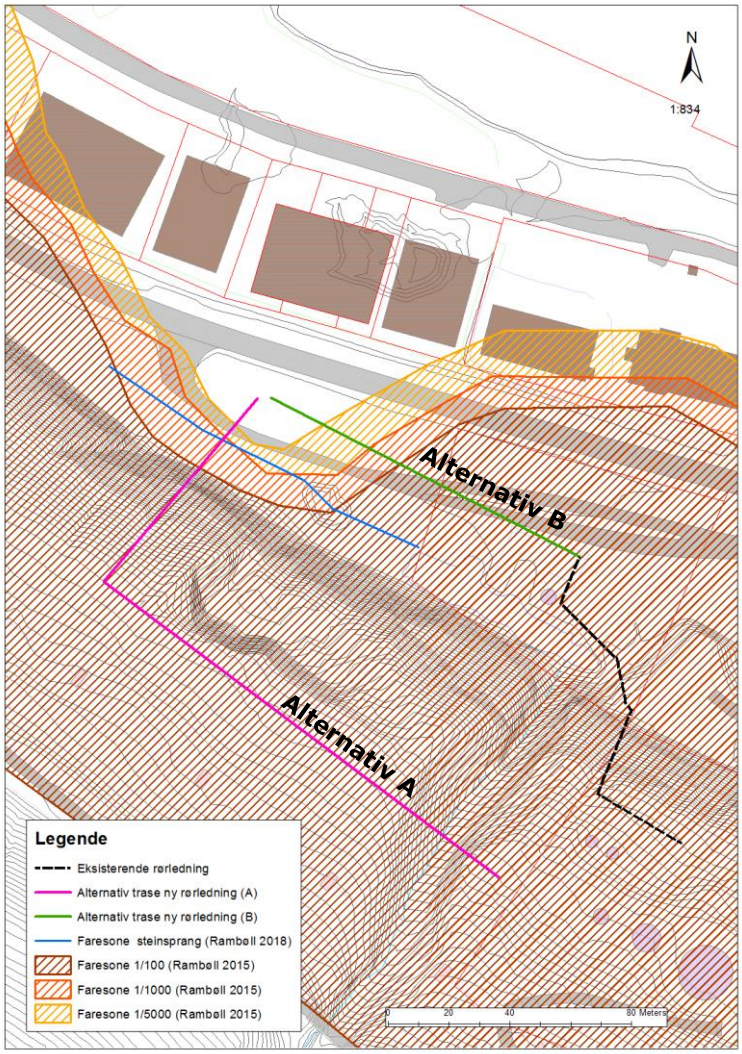
Alternativ 4 vil være å begrense bruksområde for reservekraftanlegget og uteområde til areal utenfor faresone 1/100 for snø og sørpeskred, men at arealet innenfor faresone for steinsprang også utnyttes. Faresonegrense for steinsprang er indikert med blå linje, der faresone 1/5000, 1/1000 og 1/100 er vurdert å være sammenfallende. Omtrentlig areal som kan benyttes er 3450 m^2.Som for alternativ 3 må sikringstiltak mot snø- og sørpeskred utføres dersom reservekraftanlegget havner innenfor definerte faresoner 1/5000 og 1/1000, og dersom arealet innenfor faresone 1/1000 benyttes til uteområde. I tillegg må det utføres sikringstiltak mot steinsprang dersom areal innenfor faresone for steinsprang ønskes benyttet til reservekraftanlegg og/eller til uteområde.



6.5 Alternative traseer for rørledning

Figur 22 viser alternative traseer for rørledning fra LNS-tankanlegg til det nye reservekraftanlegget som er utredet. Alternativ til trase (Alternativ A) er å legge rørledningen over ravinene i terrenget over bergskjæringen. Rørledningen legges da høyere enn flythøyden på snø- og sørpeskred, og man unngår at rørledningen krysser utløpsområdet fra ravinen. Trassen går innenfor definerte faresoner, der steinsprang er aktuell skredhendelse som kan skade konstruksjonen. Tiltak for å sikre rørledningen er omtalt i kapittel 7.3.

Alternativt kan eksisterende rørledning forlenges til det nye reservekraftanlegget (Alternativ B). Eksisterende rørledning går ca. 1 m over bakkenivå, og krysser utløpsområdet til ravinen over tomta. Slik eksisterende rørledning går i dag vurderes krevet til sikkerhet for sikkerhetsklasse S3, det vil si at største årlig nominell sannsynlighet for skred er 1/5000, ikke å være ivaretatt. Det må utføres tiltak for å sikre eksisterende ledning. Forlengingen (Alternativ B) går innenfor definerte faresoner, der sørpeskred er aktuell skredhendelse. Skredsikringstiltak er omtalt i kapittel 7.3.



Figur 22: Alternative traseer for rørledning fra LNS-tankanlegg. Eksisterende rørledning er vist med svart stiplet linje. To alternative traseer for rørledning til nytt reservekraftanlegg er utredet og vist med rosa (alternativ A) og grønn (alternativ B) linje.

7. SKREDSIKRINGSTILTAK

For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred mot reservekraftanlegget må det etableres sikringstiltak som beskytter mot en kombinasjon av snøskred, sørpeskred og flomskred som kanaliseres fra ravinene. I tillegg vil det være behov for tiltak mot steinsprang/blokknedfall fra bergskrenten dersom området nærmest bergskjæringen skal benyttes. Aktuelle skredsikringstiltak er utredet i påfølgende delkapitler. Det kan være hensiktsmessig å etablere en kombinasjon av flere av nevnte tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhetsnivå og en kostnadseffektiv løsning.

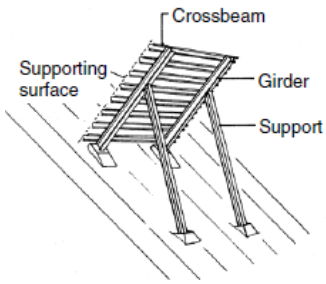
7.1 Sikringstiltak mot kanalisert snøskred, sørpeskred og flomskred

Aktuelle tiltak som presenteres i dette kapittelet er basert på følgende:

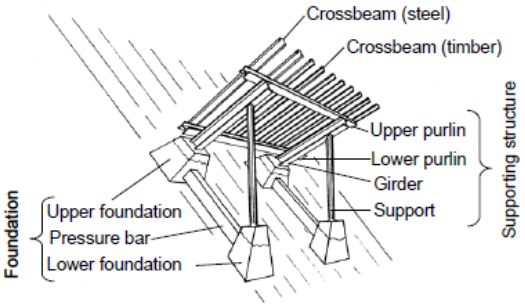
- Erfaringer fra andre prosjekter
- Statens vegvesens Håndbok V137 Veger og drivsnø, V138 Veger og snøskred og V139 Flom- og sørpeskred
- De sveitsiske retningslinjene *Defense structures in avalanche starting zones* (Margreth, 2007). I rapporten *Skredsikring og fundamentering i permafrost* utarbeidet av Almaviva AS på oppdrag fra NVE, er det gjort tilnærminger av de sveitsiske retningslinjene slik at de er tilpasset maritime snøforhold som vi har i Norge, Island og på Svalbard (Larsen, 2016).
- Boken SKRED -skredfare og sikringstiltak – praktiske erfaringer og teoretiske prinsipper utgitt av NGI (NGI, 2014)

7.1.1 Støtteforbygning i ravinen

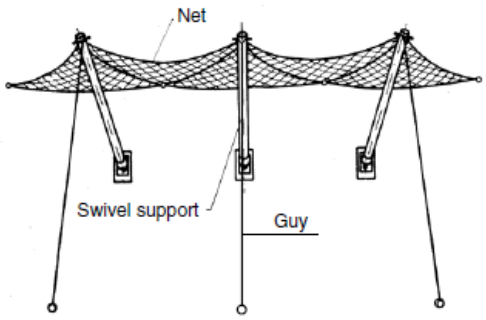
For å hindre utløsing av sørpeskred i ravinene, kan det etableres støtteforbygninger. Alternative konstruksjoner er vist Figur 23, som er hentet fra de sveitsiske retningslinjene. Støtteforbygning med bjelker gir stive konstruksjoner. Snønett gir en fleksibel konstruksjon, men kan være vanskeligere å forankre ved dårlige grunnforhold.



Støtteforbygning/Snow bridge
Støtteforbygning med bjelker parallelt bakken. Det kan benyttes bjelker av tre eller stål. Stiv konstruksjon.



Støtteforbygning/Snow rake
Støtteforbygning med bjelker vinkelrett på bakken. Det kan benyttes bjelker av tre eller stål. Stiv konstruksjon.



Snønett/ Snow nett
Støtteforbygning av nett. Fleksibel konstruksjon.

Figur 23: Alternativer til støttekonstruksjoner hentet fra de sveitsiske retningslinjene Defense structures in avalanche starting zones (Margreth, 2007)

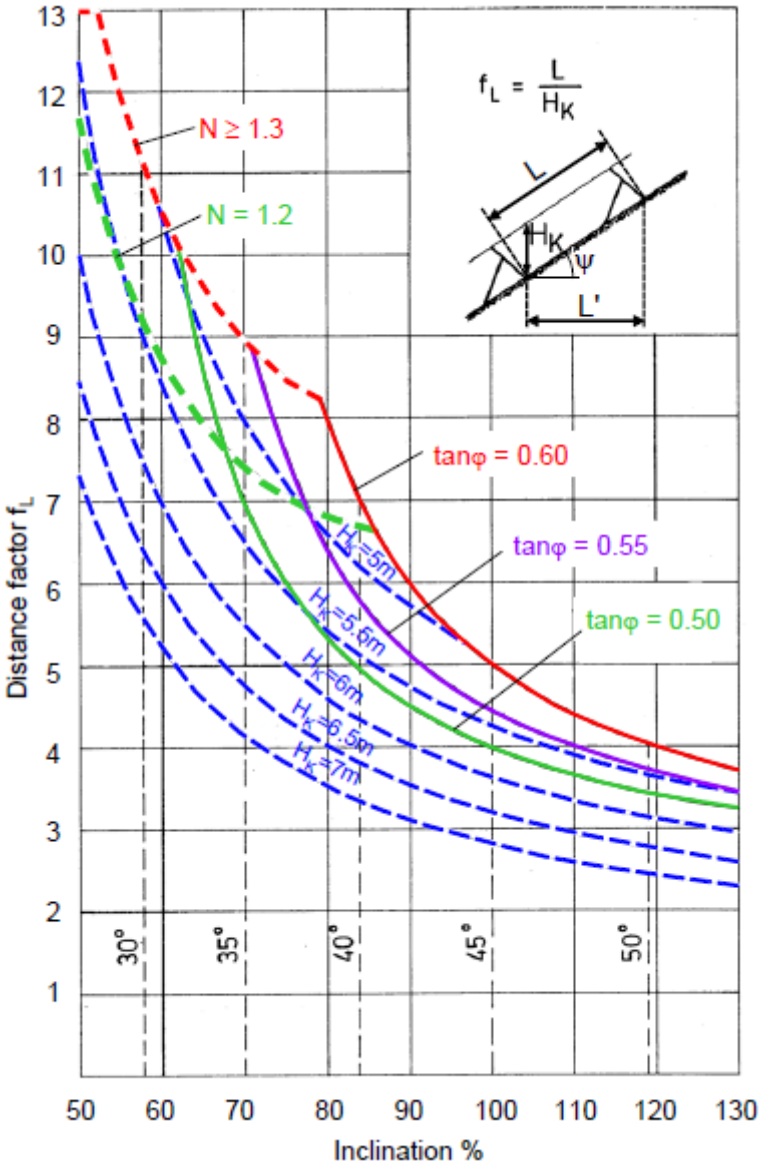
Gjentatte tine-fryse prosesser resulterer i krypbevegelse i bakke i form av krypsetninger og jordsig. Krypraten (cm/år) er avgjørende for hvilke konstruksjoner som kan etableres. Basert på de sveitsiske retningslinje anbefales stive konstruksjoner ved stabile forhold (kryprate tilnærmet 0 cm/år) og fleksible konstruksjoner med snønett ved kryprate i størrelsesorden 0,5-2 cm/år. I en nettkonstruksjon kan systemet etterjusteres i takt med krypbevegelsen, men jevnlig inspeksjon og vedlikehold vil være nødvendig. Ved krypraten er på 2-5 cm/år anbefales det å vurdere andre løsninger, og ved kryprater >5 cm/år bør støtteforbygninger kun etableres dersom det er eneste mulige løsning da konstruksjonene vil få kort levetid og store vedlikeholdskostnader.

Krypraten i terrenget over energiverktomta er ikke kjent. NGI har utført målinger av sig i løsmasser i en skråning over Hilmar Rekstens vei (vei 200) ved Lia i Longyearbyen. Fra november 1981 til juli 1995 viste målingene bevegelse på 8 til 50 cm i terreng med helning 13-25° (NGI, 2017). Dette tilsvarer en kryprate på 0,5-3,6 cm/år. Dersom klimaendringene fører til at mektigheten på det aktive laget øker, kan en forvente at krypraten vil øke. Der det er aktuelt å plassere støtteforbygninger for å sikre energiverktomta forventes løsmassedekket å være tynt, og med det er det rimelig å forvente lavere kryprate enn det som er målt i Lia.

Det kan være aktuelt å etablere støtteforbygning i ravinen lengst øst. Ved å plassere konstruksjonene i ravinen blir de lite dominerende visuelt i omgivelsene. I forbindelse med tidligere utført

RAMMS analyse, har Rambøll vurdert at snødybden ved utløsing av en 5000-års sørpeskredhendelse er 5 m i ravinen under Burmaveien, og 2,5-3,5 m i ravinen over Burmaveien. Basert på dette må støtteforbygninger konstrueres med en høyde på 4-5 m.

Nødvendig avstand mellom støtteforbygningene avhenger av terrengets ruhet, terrenghelning og dimensjonerende konstruksjonshøyde. I de sveitsiske retningslinjene kan avstanden leses fra grafen vist i Figur 24. Gjennomsnittlig terrenghelning i den aktuelle ravinen som skal sikres over energiverket er 15°. Da støtteforbygninger etableres vanligvis i skråninger som er 30-50°, er terrenghelning ned til 15° ikke inkludert i de sveitsiske retningslinje. Med utgangspunkt i 30° terrenghelning er anbefalt avstand mellom støtteforbygningene 45-50 m. Rambøll anbefaler at støtteforbygninger etableres med en avstand på 50 m i ravinen over energiverktomta. Det anbefales å sikre hele ravinen, det vil si over en anslått lengde på 400 m. Med dette vil det være nødvendig med 8 støtteforbygninger. Grovt anslått er tverrsnittet av ravinen 5 m i bunnen og 15 m ved toppen av konstruksjonen. Arealet av hver støtteforbygning blir da 50 m2.



Figur 24: Graf for bestemmelse av avstand (L) mellom støtteforbygninger gitt i de sveitsiske retningslinjene (Margreth, 2007).

Fleksible støtteforbygninger kan være et gunstig sikringstiltak for å redusere faren for utløsing av sørpeskred i ravinen lengst øst. Etableringen og vedlikehold av konstruksjonene vil bli utfordrende på grunn av fundamentering i permafrost og adkomst i bratt sideterreng.

Ved detaljprosjektering må det tas hensyn til trykkrefter fra snøpakken, randkrefter, krypbevegelser og dybden til det aktive laget. De sveitsiske retningslinjene henviser til en liste med godkjente materialer for støttekonstruksjoner og fundamentering ("Type Approval List for Avalanche Supporting Structures"), som er tilgjengelig på hjemmesiden til FOEN: www.umwelt-schweiz.ch/typen-pruefung. FOEN oppdaterer jevnlig denne listen. Ved detaljprosjektering kan denne listen benyttes for valg av materialer.

7.1.2 Snøskjermer

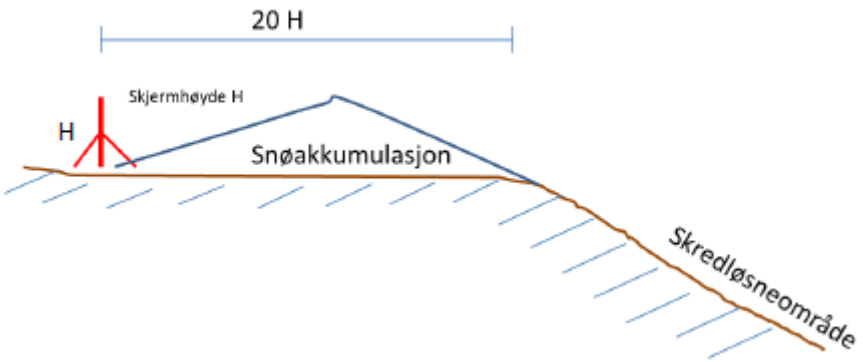
Snøskjermer utformet som samleskjermer kan etableres for å hindre at snø samler seg i ravinene. Snøskjermer er hensiktsmessig å benytte som sikringstiltak der det er få og tydelig definerte snøtransporterende vindretninger. I Longyearbyen- området er det dominerende vindretning fra sør og sørøst, og det er observert at snø akkumuleres først og ligger lengst på østsiden av ravinene. På vinteren kan imidlertid hele ravinen fylles med snø. For sikring av energiverktomta kan snøskjermer i kombinasjon med flere sikringstiltak være gunstig. Hensikten med snøskjermene er da å redusere snømengden i ravinene, slik at andre sikringstiltak kan utføres rimeligere.

Under vinterforhold på fastlandet i Norge er nødvendig høyde på snøskjermer 3-4 m (Statens vegvesen, 2012). Dersom det er nødvendig med skjermer høyere enn 5 m anbefales det heller å stette opp flere parallelle rader. Vindskjermene må dimensjoneres slik at de tåler betydelige vindkrefter og snøkrefter. Dersom skjermene settes opp i hellende terreng må det tas hensyn til sigekrefter i snødekket og krypbevegelse i bakken. Det er ikke anbefalt å etablere skjermer der terrenget er så bratt at sigekrefter blir betydelige.

Skjermene plasseres med god avstand fra løsneområdet som skal sikres, dette for å oppnå full effekt av snølagringen, se Figur 25. For optimal lagring anbefales at avstanden er minst 20 ganger høyden (H) til skjermen (Larsen, 2016).

Ved etablering av snøskjermer er det viktig at snøen som samles av skjermene legger seg i et område som ikke kan være et potensielt løsneområde for snøskred. Terrenget øst for ravinen har en helning under 30°, og etablering av snøskjermer vurderes ikke å føre til økt fare for snøskred som kan nå energiverktomta. Det må imidlertid gjøres tiltak som tar hånd om ekstra smeltevann fra området der snøen samles.

Aktuell plassering til snøskjermene blir i områder det er observert løsmasser, men løsmassemektigheten er ikke kjent. Krypbevegelse må forventes, noe som er ugunstig med tanke på etablering av slike konstruksjoner. Økt smeltevann i ett nytt område med løsmasser kan være ugunstig med tanke på faren for utløsningen av jordskred. I tillegg vil snøskjermer bli en dominerende konstruksjon i terrenget, og kan komme i konflikt med kulturminner i området. Basert på dette anses snøskjermer ikke å være et gunstig sikringstiltak.



Figur 25:Skjermplassering for maksimal effekt av snølagring (Larsen, 2016).

7.1.3 Endre drensforholdene i ravinen

Ending av drensforholdene har som formål å redusere vannføringen i ravinene. Dette kan enten gjøres ved å redusere tilførselen av vann, eller ved å føre vannet erosjonssikkert gjennom ravinene. Dersom tilførselen av vann skal endres, må det etableres grøfter i terrenget over ravinene. Vannet må ledes til andre drensløp. Andre drensløp kan være andre raviner vest for energiverktomta, men dette vil øke vanntilførselen og med det skredfaren mot Flyplassvegen i disse områdene. Terrenggrøft kan bygges som åpne grøfter som er minimum 0,5-1 m dype, og erosjonssikres i bunnen. Slike terrenggrøfter vil være et stort terrenginngrep, og kan komme i konflikt med kulturminner i området. Alternativt kan det etableres lukkede grøfter som har til hensikt å føre vannet erosjonssikkert gjennom ravinen. I et område med permafrost vil det være fare for at slike grøfter fryser igjen og mister kapasiteten. I tillegg vil bygging av lukkede grøfter i ravinen være utfordrende på grunn av adkomsten.

Endring av drensforholdene anbefales ikke, og er ikke utredet nærmere.

7.1.4 Kontrolldammer i ravinen

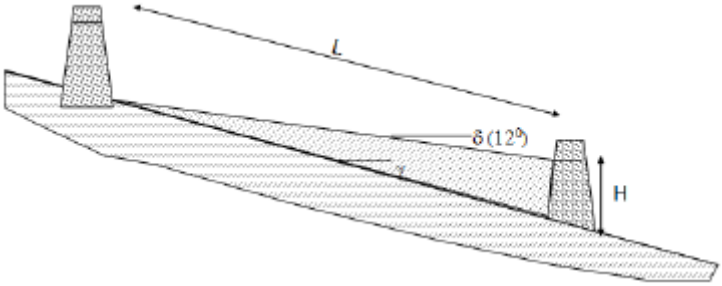
Kontrolldammer er mye brukt i de europeiske alpelandene og i Canada i skredløp med hyppig frekvens av sørpeskred og flomskred. Det benyttes lukkede eller åpne kontrolldammer.

Lukkede kontrolldammer bygges på tvers av elveløpet og utformes med en krone for overløp og vinder på begge sider for erosjonssikring dersom det er erosjonsmateriale i sidene. Figur 26 viser et eksempel på en slik konstruksjon. Lukkede kontrolldammen fører til at helningsgraden på strekningen mellom dammene reduseres ved at det fylles opp med masser oppstrøms terskelen, og vannets hastighet reduseres. På denne måten får utløste skred redusert transportkapasitet og kortere utløpslengder. Lukkede kontrolldammer kan også bygges som nettingkonstruksjoner, se eksempel i Figur 27, som gjerne er fordelaktig i smale forsenkninger som raviner. En nettingkonstruksjon vil holde igjen masser i skredet samtidig som vann slippes gjennom og med det forhindrer at det bygger seg opp store poretrykk mot nettet.

Figur 26: Eksempel på kontrolldammer i skredløp for å redusere massetransport og øke energitapet langs skredløpet, Illgraben Sveits (Statens vegvesen, 2014a).

Figur 27: Eksempel på kontolldam med nett. Foto: Geobrugg AG (Statens vegvesen, 2014a).

I Håndbok V139 er det gitt retningslinjer for å anslå minimum avstand mellom dammene. Prinsippskisse av kriteriene er vist i Figur 28. Helningen fra foten av en dam til krona på den neste skal ikke overstige helningen på skredavsetningen. For sørpeskred med mye vanninnhold kan en anta at helningen på skredavsetningen er 10°. Aktuell plassering av kontrolldammer vil være i ravinen lengst øst og på nedsiden av Burmaveien. Gjennomsnittlig terrenghelning i ravinen er 15°. Basert på tidligere utført modellering i RAMMS, er flythøyden i nedre del av ravinen opp til 7-7,5 m for modellert 5000-års skredhendelse. Dersom en antar at nødvendig høyde på dammene er 8 m, anslås det at nødvendig minimumsavstand er 90 meter. Utstrekningen av ravinen under energiverktomta er omtrent 140 m. Det vil da være nødvendig med 2 kontrolldammer.



Figur 28: Illustrasjon av kriterier for å fastsette minimumsavstanden mellom lukkede kontrolldammer hentet fra Håndbok V139 (Statens vegvesen, 2014a).

Figur 29 og Figur 30 viser eksempel på en åpen kontrolldam. Det bygges en enkelt dam, eller flere i serie. Ofte kombineres åpne kontrolldammer med andre sikringstiltak som for eksempel sedimentasjonsbassen eller bremsekonstruksjoner i skredløpet. Åpne kontrolldammer bygges opp med tette voller eller betongkonstruksjoner på sidene av skredløpet, og en relativt stor åpning sentralt i skredløpet. I åpningen er det et gittersystem av betongbjelker eller rør av stål, eller fleksible nett, se Figur 30. Hensikten er å holde igjen grovt materiale, og slippe finstoff og vann gjennom. Samtidig har konstruksjonen bremsende effekt på skredmassene. Åpne kontrolldammer er et effektivt tiltak mot flomskred som har en betydelig andel grovt materiale, og vil ha mindre effekt på snø og sørpeskred. For sikring av energiverktomta må det etableres sikringstiltak som har god effekt på både sørpeskred, snøskred og flomskred, og således vil åpne kontrolldammer ikke være den mest gunstige løsningen.

Figur 29: Eksempel på åpen kontrolldam med stålbjelker hentet fra Håndbok V139 (Statens vegvesen, 2014a).

Figur 30: Eksempel på åpen kontrolldam med fleksibelt nett. Foto: Geobrugg AG hentet fra Håndbok V139 (Statens vegvesen, 2014a).

Konstruksjonene fundamenteres i utgangspunktet på samme måte som støtteforbygninger. For å ta hensyn til krypbevegelse vil fleksible konstruksjoner av nett være fordelaktig. Det må passes på at det ikke kan oppstå en situasjon der massene på sidene eroderes bort eller at konstruksjonene undergraves.

Etablering av kontrolldammer og vedlikehold av disse vil bli utfordrende på fundamenteringsforhold med permafrost og adkomst i bratt sideterreng i ravinene. Kontrolldammer hindrer ikke utløsning av sørpeskred, men vil redusere utstrekningen betydelig. Det vil være en restrisikoen for at en ekstrem skredhendelse kan gjøre skade innenfor energiverktomta, dersom kontolldam etableres som eneste sikringstiltak. På bakgrunn av dette vurdere Rambøll at kontrolldammer ikke er en hensiktsmessig løsning for sikring av energiverktomta.

7.1.5 Kunstig utløsning av sørpeskred i ravinene

Jevnlig kunstig utløsning er et tiltak som ofte blir brukt for å kontrollere snøskredfaren mot veg og jernbane. Dette tiltak forutsetter at en har kontroll på at skredet som utløses ikke kan gjøre betydelig skader på infrastruktur eller ta menneskelig. For energiverktomta anses dette ikke å være en aktuell løsning, da det i ekstreme nedbørsperioder vil være en risiko for at en ikke får gjennomført utløsingen tidlig nok til å ha kontroll på skredmassene.

Kunstig utløsning av skred anbefales ikke, og er ikke utredet nærmere.

7.1.6 Fangvoller/fangmurer i utløpsområdet

Fangvoll/fangmur kan etableres i utløpsområdet på energiverktomta for å stoppe skredmassene. Dette kan være et egnet tiltak dersom det er tilstrekkelig areal tilgjengelig, og vil gi lav restrisiko. Mur vil kreve mindre plass enn en voll, men er mer kostbart. Konstruksjoner av betong, stål eler wirenett kan også nyttes. Fangvoll/fangmur bygges rettvinklet mot skredretning. Konstruksjonen plasseres så langt ned i skredløpet som mulig der energien til skredmassene er lavest. Det kan være aktuelt med fangvoll på både vestsiden og østsiden av området der reservekraftanlegget er tenkt plassert for å fange skredmasser fra begge ravinene.

En fangvoll har til hensikt å samle opp skredmassene, og det er derfor viktig at innsiden av vollen utformes som et oppsamlingsbasseng som er tilstrekkelig til å lagre skredmassene. I tidligere utført modellering som representerer et 5000-års skred er det antatt et totalt skredvolum på 35 000 m3 fra ravinen lengst øst og 30 000m3 fra ravinen lengst vest. I Håndbok V139 anbefales det at høydeforskjellen fra bunnen av magasinet til toppen av vollen bør være minst 4-5 m dersom skredvolumet er større enn 10 000m3. Sørpeskred har høyere energi enn snøskred, og vil være dimensjonerende skredtype for å beregne vollhøyden. Skredets bevegelsesenergi er dimensjonerende for nødvendig høyde. Modelleringsresultat viser at skredmassene har en hastighet på i størrelsesorden 10 m/s nærmest utløpet av ravinen, men avtar raskt til i størrelsesorden 5 m/s. Basert på beregningsmetoder omtalt av NGI (NGI, 2014), anslås nødvendig vollhøyde på 4-8 m ved skredhastigheter på 5-10 m/s. Det forutsettes at snø og skredmasser som fanges i vollen fjernes når det ikke er fare for nye skred, slik at lagringskapasiteten opprettholdes.

Det er anbefalt å beregne tilgjengelig lagringsvolum ved å legge til grunn en sikkerhetsmargin på 2 m fra toppen av vollen og trekke en linje med 10° helning mot skredet. I henhold til Håndbok V139 (Statens vegvesen, 2014a) bør lengde/bredde-forholdet i et oppsamlingsbassen ikke overstige 3:1 for optimal utnyttelse av lagringsvolumet. Helningen i bunnen av dette magasinet bør være mindre en 5° (1:12). En fangvoll må bygges med bratt støtside. Basert på erfaringer funnet i litteratur anbefales det at støtsiden er 60° bratt (NGI, 2014). Helningen på lesiden avhenger av tilgjengelig plass. Fotavtrykket av en voll blir minst 5-10 m for høyde i størrelsesorden 4-8 m, forutsatt at begge sider bygges med 60° helning.

Drenering av fangvollen er avgjørende. Det må etableres et hoveddreneringssystem som fungerer under normale forhold, og et system der overskytende vann etter en skredhendelse dreneres

sikkert forbi tiltaket og bort fra energiverktomta. Drenssystemet må derfor fungere selv om hoveddreneringen for tiltaket tettes av skredmasser. Dersom dreneringen går tett kan vollen bli utsatt for store oppdemningstrykk og gå i brudd. I tillegg må det planlegges med alternativ drensveg. Denne alternative drensvegen skal ligger tørr og beskyttet i vanlige flomsituasjoner. Dersom det er kostbart og vanskelig å etablere alternativ drensveg til side for hovedretningen av skredet, er det vanlig å bygge stikkrenner høyt oppe i fangvollen. Nedløpet fra stikkrennene må da erosjonssikres. Det må også foretas en geoteknisk vurdering av bæreevnet.

Fangvoll anbefales som sikringstiltak mot sørpeskred fra begge ravinene. For å redusere nødvendig høyde og oppsamlingsvolum anbefales det å utføre andre sikringstiltak i kombinasjon med fangvollen. Utformingen av vollen må detaljprosjekters.

7.1.7 Bremsekjegler i utløpsområdet

Oppføring av bremsekjegler kan være et gunstig tiltak i kombinasjon med fangvoll. Bremsekjegler har til hensikt å redusere skredmassenes energi, og med det reduseres oppstuvingshøyden når massene treffer vollen. Det er viktig at disse plasseres der skredet er godt kanalisert. Aktuell plassering er nært utløpet av ravinen. Selv enkle kjegler vil ha betydelig energireduserende effekt, og har vist seg å være spesielt effektiv på våte skred som sørpeskred. Det kan nyttes betongkjegler eller store steiner.

Kjeglene plasseres i et sjakkbrettmønster i to eller flere parallelle rader. Avstanden mellom kjeglene skal ikke være for stor, men bør plasseres slik at det akkurat er plass til en anleggsmaskin for vedlikeholdsarbeid. Modellforsøk har vist at optimalt bredde/høyde-forhold på kjeglene er 1,2, og at høyden på kjeglene bør være 2-3 ganger høyere enn flyhøyden til skredmassene (NGI, 2014). Vanlig høyde på bremsekjegler er 5-10 m.

Bremsekjegler anbefales som sikringstiltak i kombinasjon med fangvoll.

7.1.8 Ledevoller i utløpsområdet

Ledevoll har til hensikt å lede skredmassene bort fra området som skal sikres. Dette innebærer at skredmassene må kunne ledes til et område der det ikke er fare for at skred kan skade personer, bygninger og infrastruktur. Det er ingen områder ved energiverktomta som er egnet til oppsamlingsområde for skredmassene. En ledevoll på energiverktomta vil føre skredmassene mot Vei 600 (Flyplassvegen) og bygninger på Bykaia. Dette vil skape en ugunstig situasjon, med mindre hovedveien til flyplassen kan legges om til lenger ned på Bykaia. I Håndbok V139 omtales det at erfaringsmessig er ledevoller ugunstig for å lede sørpeskred.

På bakgrunn av dette vurderes ledevoller i utløpsområdet ikke å være en gunstig løsning, og er ikke utredet videre.

7.2 Sikringstiltak mot steinsprang

Faresone (1/5000) for steinsprang er vurdert å være ca. 13 m ut fra skjæringsfot. Dersom det er ønskelig å utnytte området innenfor denne sonen, må det utføres sikringstiltak for å ivareta kravet i TEK 17. Aktuelle sikringstiltak er utredet under, og er hovedsakelig basert på Rambølls egne erfaringer fra andre prosjekter.

7.2.1 Sikkerhetssone og adgangsbegrensning

Enkleste løsning vil være å legge til rette for at en 15 m bred sone nærmest skjæringen ikke benyttes. 15 m bredde er basert på faresone 13 m ut fra skjæringen, og en sikkerhetsmargin på 2 m. Nedfall innenfor sonen må ryddes jevnlig. For å hindre personopphold i faresonen, anbefales det å sette opp et enkelt gjerde og skilt. Gjerdet skal kun fungere som adgangsbegrensning, og skal ikke fungere som fanggjerde for steinsprang. Behovet for plass til det nye reservekraftanlegget og uteområde vil avgjøre om dette er tilstrekkelig sikringstiltak. Strekningen som bør sikres avhenger av utstrekningen på anlegget og uteområdet, og må vurderes av Energiverket.

7.2.2 Fanggrøft for steinsprang

Fanggrøft er et gunstig tiltak som alternativ til sikkerhetssone. Ved etablering av fanggrøft kan det frigjøres noe mer areal mot skjæringen. Utførte simuleringer indikerer at blokker som løsner høyt i skjæringen treffer bakken ca. 5 m ut fra skjæringsfot. Lengste registrerte utløp i området er 11 m fra skjæringsfot. Basert på dette anbefales det å etablere 8 m bred grøft. Simuleringen viser at blokker har lite sprett etter å ha truffet bakken, og 1 m dyp grøft forventes å være tilstrekkelig. Støtsiden legges så bratt som mulig, anbefalt 1:1,25 (50°). Faresone for steinsprang reduseres da til toppkant av grøften, som blir 9 m fra skjæringsfoten. Med fanggrøft kan arealet utenfor 9 m fra skjæringen benyttes. For å hindre personopphold i faresonen, anbefales det å sette opp et enkelt gjerde og skilt. Gjerdet skal kun fungere som adgangsbegrensning, og skal ikke fungere som fanggjerde for steinsprang. Behovet for plass til det nye reservekraftanlegget og uteområde vil avgjøre om dette er tilstrekkelig sikringstiltak. Strekningen som bør sikres avhenger av utstrekningen på anlegget og uteområdet, og må vurderes av Energiverket.

7.2.3 Steinspranggjerde

For å kunne utnytte ytterligere mer areal nært skjæringen kan det monteres steinspranggjerde på bakken. Nødvendig steinspranggjerde blir tilsvarende det som er anbefalt for et område bak eksisterende energiverk (se delleveranse 1). Basert på simulerte energimengder utført i forbindelse med vurderingen bak eksisterende anlegg, vil et enkelt fanggjerde av steinsprangnett være tilstrekkelig. Gjerdet må fundamenteres godt ned i permafrosten, der minst 6 m forankringslengde anslås som nødvendig.

Basert på forventet fallbane til nedfall, kan gjerdet settes opp 6 m fra skjæringsfoten. Det er da tatt hensyn til simulerte fallbaner som treffer bakken 5 m fra skjæringsfoten og en sikkerhetsmargin på 1 m. Det påpekes at avstanden fra skjæringsfot må detaljprosjekteres basert på supplerende steinsprangmodelleringer på aktuelt sted. På bakgrunn av blokkstørrelser og at det forventes litt sprettbevegelse i fallbanen, vurderes 1,5 m høyt gjerde som tilstrekkelig. Nedfall bak gjerdet fjerne jevnlig.

Behovet for plass til det nye reservekraftanlegget og uteområde vil avgjøre om dette er tilstrekkelig sikringstiltak. Strekningen som bør sikres avhenger av utstrekningen på anlegget og uteområdet, og må vurderes av Energiverket.

7.2.4 Steinsprangnett

Dersom hele området inntil skjæringen ønskes å kunne benyttes, må det gjøres tiltak i skjæringen. Steinsprangnett er da aktuelt for å hindre nedfall. Sikring med steinsprangnett vil bli tilsvarende det som er anbefalt for skjæringen bak det eksisterende energiverket (delleveranse 1). Det anbefales å sikre med steinsprangnett over det blokkige laget mellom kote 16 og 28, se Figur 7. Nettet må ha en maskestørrelse som er tilpasset bergmassens oppsprekking. Nett monteres med bolter som må forankres i godt fjell eller dypt i permafrosten. Nederst kan nettet forankres i laget der bergmassene er tettest oppsprukket, omtrent på kote 15, da massene i dette laget forventes å være bedre egnet å forankre i en den blokkige bergmassen.

Øverst anbefales det at nettet avsluttes med en effektiv høyde på 1,5 m over bergoverflaten. Dette kan oppnås ved å bardunere, som forankres med tilstrekkelig lengde. Hensikten med en slik løsning er at øvre del av nettet på denne måte utgjør et fanggjerde, som vil sikre uteområdet for nedfall som løsner fra blokklaget på omtrent kote 28 til kote 31. Simulerte energimengder i forbindelse med arbeidet i området bak eksisterende anlegg tilsier at et enkelt gjerde av steinsprangnett vil ha tilstrekkelig kapasitet til å fange nedfall av de dimensjoner som anses som sannsynlig. Gjerdet og nettet monteres slik at eventuelt nedfall kan ledes mellom nettet og bergoverflaten til bunnen av nettet. Det anbefales at nettet monteres med omtrent 20-25 cm fra ber-

goverflaten, slik at det også vil fungere som isnett som motvirker nedfall av is. I bunnen monteres nettet slik at det enkelt kan tømmes. Tømming må utføres ved behov, slik at kapasiteten opprettholdes.

Montering av nett og gjerde kan utføres med lift.

Strekningen som bør sikres avhenger av utstrekningen på anlegget og uteområdet, og må vurderes av Energiverket.

7.2.5 Dimensjonere og utforme bygget skredsikkert

Som alternativ til sikringstiltak kan selve byggetiltaket dimensjoneres slik at det kan tåle en påkjenning av steinsprang. Uteområdet må da plasseres utenfor skredfarlig område, og det på påses at steinsprang som treffer bygget ikke kan få utløp til uteområdet. Bygget på kunne tåle lasten fra steinsprang, eller utformes slik at nedfall ledes bort fra bygget og til et område der det ikke er fare for personskader eller materielle skader. Dersom oppsamlingen av masser blir inntil bygningsmuren, må det vurderes om jordtrykk må tas hensyn til.

Steinspangmodellering utført i forbindelse med sikring av uteområdet til eksisterende energiverk (delleveranse 1), viser at steinsprang fra skjæringen har en energimengde i størrelsesorden 20-140 kJ like før treff med bakken. Dimensjonerende energimengde som bygget må kunne tåle må utredes nærmere i en detaljprosjekteringsfase.

Rambøll vurderer at det å dimensjonere bygget til å tåle steinsprang ikke er en kostnadseffektiv løsning, og har ikke utredet dette nærmere.

7.3 Sikringstiltak for rørledningen

Dersom rørledningen legges i terrenget over ravinen (Alternativ A), må konstruksjonen sikres mot steinsprang over den strekningen der rørledningen føres ned over skjæringen. Rørledningen føres over bakkenivå, tilsvarende dagens rørledning. Konstruksjonen må fundamenteres godt ned i permafrosten for å unngå bevegelser som kan skade installasjonen. I tillegg anbefales det at øverste del av skjæringen under traseen til rørledningen sikres med steinsprangnett, for å unngå nedfall som kan treffe rørledningen lenger ned. Der rørledningen føres over ravinene blir fundamentering av installasjonen på begge sider av ravinen viktig. Alternativ trase vist i Figur 22 er omtrentlig, og må tilpasses stedlige forhold og hva som er teknisk mest gunstig.

Dersom eksisterende rørledning skal nyttes og forlenges til nytt reservekraftanlegg, må installasjonen sikres mot sørpeskred. Dersom det utføres sikringstiltak for reservekraftanlegget, forventes det at også faren for skred mot rørledningen redusere til et akseptabelt nivå.

8. OPPSUMMERING

Nødvendig omfang av sikringstiltak avhenger av plassbehovet til nytt reservekraftanlegg. I kapittel 6 er følgende behov avdekket:

<u>Alternativ 1</u>
Ingen sikringstiltak nødvendig

<u>Alternativ 2:</u>
Nødvendig med sikringstiltak mot snø- og sørpeskred dersom bygget plasseres innenfor faresone 1/5000.

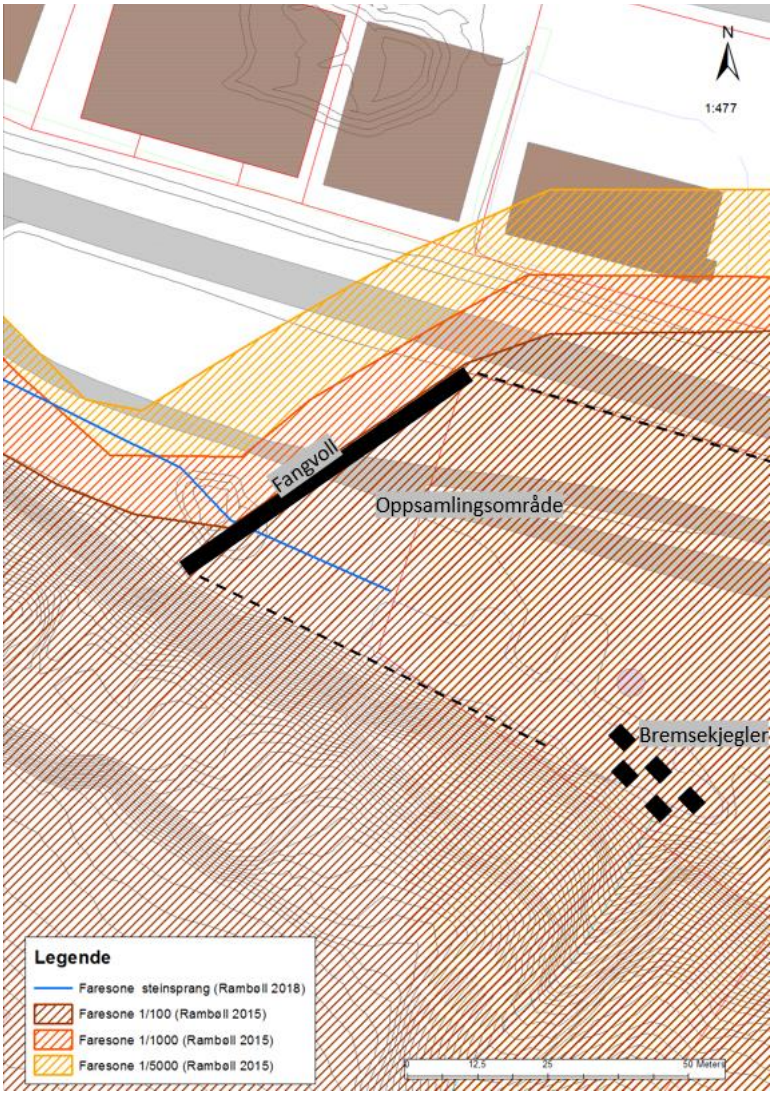
<u>Alternativ 3:</u>
Nødvendig med sikringstiltak mot snø og sørpeskred derom bygget plassers innenfor faresone 1/5000 (og 1/1000), og uteområdet innenfor faresone 1/1000.

Alternativ 4:
Nødvendig med sikringstiltak mot snø- og sørpeskred dersom bygget havner innenfor faresoner 1/5000 og 1/1000, og dersom arealet innenfor faresone 1/1000 benyttes til uteområde. I tillegg må det utføres sikringstiltak mot steinsprang dersom areal innenfor faresone for steinsprang ønskes benyttet til reservekraftanlegg og/eller til uteområde.

Rørledning Alternativ A - Ny trase over ravine:
Nødvendig med sikringstiltak mot steinsprang.

Rørledning Alternativ B – Utbedre og forlenge eksisterende trase:
Nødvendig med sikringstiltak mot snø- og sørpeskred.

Avhengig av plassbehovet og areal som må sikres kan det bli behov for en kombinasjon av ulike sikringskonstruksjoner. Figur 31 viser et eksempel på en kombinasjon av sikringstiltak i et tilfelle der mest mulig areal ønskes sikret (nødvendig omfang og størrelse på konstruksjoner er ikke utredet).



Figur 31: Oversiktskart med eksempel på en kombinasjon av sikringstiltak som kan etableres for å oppnå tilfredsstillende sikkerhetsnivå.

8.1 Anbefalinger

Generelt anbefaler Rambøll at reservekraftanlegget og tilhørende uteareal minimum legges utenfor faresone 1/100. Dersom område innenfor fastsatt faresoner (1/1000 og 1/5000) skal benyttes vil det bli behov for kostbare sikringskonstruksjoner (>> 1 M NOK) for å oppnå tilfredsstillende sikkerhetsnivå.

For trase til ny rørledning anbefales Alternativ A, da det forventes å være rimeligere og gi minst restrisiko å sikre mot steinsprang og unngå faresone for snø- og sørpeskred.

Plassbehovet til nytt reservekraftanlegg har ikke vært mulig å avklare under denne utredningen. Longyearbyen Lokalstyre ønsker å se nærmere på alternative plasseringer utenfor faresoner for skred (ref. epost Longyearbyen Lokalstyre v/Jo Gytri 16.05.2018 og 24.05.2018).

8.2 Restrisiko

Anbefalte løsninger for skredsikring beskrevet i kapittel 7.4 vil redusere risikoen for en skredhendelse til et nivå som tilfredsstiller kravet til sikkerhet gitt i TEK 17. Dersom tiltak detaljprosjekters basert på beskrivelsen i kapittel 7, kan reservekraftanlegget, tilhørende uteområde og ny rørledning etableres innenfor en definert arealbegrensing.

9. VIDERE UNDERSØKELSER OG ANBEFALINGER TIL DETALJPROSJEKTERINGSFASE

- Ved detaljprosjektering av tiltak må det utføres modelleringer av skredhendelser der plassering av bygg og tiltak inngår i modellen. Dette for å bekrefte de energier og hastigheter som er lagt til grunn gir tilfredsstillende sikkerhet.

- Plassbehovet til nytt reservekraftanlegg og uteområde må avklares. Hvordan bygget bør utformes må utredes når det er klart hvor stort areal som kreves for de tekniske installasjonene.

- I forbindelse med eventuell detaljprosjektering må permafrostens tinedybde måles nøyaktig på stedet.

- I en detaljprosjekteringsfase anbefales det også å legge opp til en diskusjon med andre aktører som har erfaring med fundamentering i permafrost, for å komme fram til nødvendig forankringslende.

- Dersom blir aktuelt med sikringskonstruksjoner i ravinen, må det foretas målinger får å bestemme dimensjonerende sigekrefter.