Beregnet til
Longyearbyen Lokalstyre

Dokument type
Rapport

Dato
Juni 2017

Oppdragsnr. 1350022403-001
G-rap-001

Delleveranse 1/2

SKREDSIKRINGSTILTAK LONGYEARBYEN ENERGIVERK

EKSISTERENDE ANLEGG

RAMBOLL

SKREDSIKRINGSTILTAK LONGYEARBYEN ENERGIVERK EKSISTERENDE ANLEGG

Revisjon	**00**
Dato	**2017/06/30**
Utført av	**Inger Lise Sollie og Stefan Degelmann**
Kontrollert av	**Stefan Degelmann og Marit B. Pedersen**
Godkjent av	**Marit B. Pedersen**
Beskrivelse	**Skredsikringstiltak Longyearbyen energiverk - Eksisterende anlegg**

Ref. 3150012403-001

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-001_Skredsikringstiltak Longyear energiverk_leveranse.docx

SAMMENDRAG

Det planlegges å utbedre uteområdet til eksisterende energiverk. Det ønskes at området mellom eksisterende renseanlegg og bratt terreng bak bygget asfalteres for å bedre adkomstmulighetene i forbindelse med den daglige driften i anlegget. Rambøll har utredet behovet for skredsikringstiltak for aktuelt område for å ivareta et tilfredsstillende sikkerhetsnivå. Området som ønskes asfaltert ligger tett på en sterkt oppsprukket og steil bergskjæring, og det vurderes å være behov for sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot nedfall for personer og utstyr.

Det er utredet og anbefalt en hensiktsmessig sikringsløsning. Anbefalt løsning er ikke detaljprosjektert. Det er tatt utgangspunkt i at bruken av området begrenses til en 3 meter bred adkomstveg rundt bygget. Det anbefales at området sikres med steinsprangnett og steinspranggjerde/fanggjerde. I området bak vestre del av renseanlegget må sikringstiltak etableres i skjæringen på grunn av begrenset plass. I østre del av området bak bygget er det bedre plass, og steinspranggjerde kan etableres på bakkenivå. Det anslås at det vil være behov for omtrent 230 m2 nett og omtrent 20 meter langt steinspranggjerde. I tillegg anbefales å etablere en grøft mellom adkomstvegen og løsmasseskråningen vest for renseanlegget, dette for å hindre inngrep i foten av skråningen og for å fange eventuelle mindre utglidninger av løsmasser. Adkomst bak renseanlegget bør begrenses med skilt for å unngå unødvendig ferdsel i området.

Basert på et grovt kostnadsoverslag av anbefalt tiltak, er estimert kostnad for etablering av anbefalt løsning kr 750 000±20%. Estimert kostnad er basert på priser fra dagens marked på fastlandet, og tatt hensyn for at arbeidet skal utføres på Svalbard.

Ved eventuell detaljprosjektering må det innhentes oppdatert kartgrunnlag for området, og plassering av tiltakene må tilpasses dette. I tillegg må permafrostens tinedybde og temperaturgradient måles på stedet.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	**INNLEDNING**	**1**
2.	**REGELVERK OG RETNINGSLINJER**	**2**
2.1.	Plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift TEK 10	2
2.2.	Statens vegvesens risikoakseptkriterier for skred	3
2.3.	Vurdert akseptabel skredrisiko for aktuelt område	3
3.	**BESKRIVELSE AV PROSJEKTOMRÅDET OG OPPDRAGET**	**4**
3.1.	Områdebeskrivelse	4
3.2.	Generell beskrivelse av oppdraget	5
3.2.1.	Delleveranse 1: Arealene mellom eksisterende energiverk og fjellskjæring i sørvest	5
3.2.2.	Delleveranse 2. Arealet tiltenkt fremtidig reservekraftanlegg og eksiterende rørledning til LNS-tankanlegg	6
4.	**TIDLIGERE UTFØRTE SKREDFAREVUDERINGER**	**7**
4.1.	Registrerte skredhendelser	7
4.2.	Tidligere skredfarevurdering for aktuelt område	8
4.2.1.	Snø- og sørpeskred	8
4.2.2.	Jord- og flomskred skred/løsmasseskred	11
4.2.3.	Steinsprang	11
4.3.	Klima	12
4.3.1.	Benyttet klimadata	12
4.3.2.	Temperatur og nedbør	13
4.3.3.	Vind	13
4.3.4.	Permafrost	14
5.	**OBSERVASJONER OG VURDERINGER FRA BEFARING**	**15**
5.1.	Områdebeskrivelse	15
5.2.	Berggrunn og løsmasser	17
5.3.	Tegn til skredakivitet	21
6.	**EGNE VURDERINGER MED TANKE PÅ SKREDFARE**	**23**
6.1.	Steinsprangsimulering med RocFall	23
6.2.	Vurdert skredrisiko	25
6.3.	Vurdert gjennomførbarhet av adkomst rundt renseanlegget	26
7.	**SKREDSIKRINGSTILTAK**	**28**
7.1.	Anbefalte løsninger for uteområdet av eksisterende energiverk	28
7.2.	Vurdering av fundamenterings- og forankringsforhold	29
7.3.	Kostnadsoverslag for anbefalte løsninger	30
7.4.	Vurdering av restrisiko ved anbefalte sikringstiltak	30
8.	**KOMMENTARER TIL DETALJPROSJEKTERING**	**30**
9.	**REFERANSER**	**31**

VEDLEGG

Vedlegg 1: Supplerende avstandsmålinger bak eksisterende renseanlegg utført av rambøll

Vedlegg 2: Resultater fra steisnsprangsimulering i rocfall

Vedlegg 3: Oversiktskart med anbefalte skredsikringstiltak

1. INNLEDNING

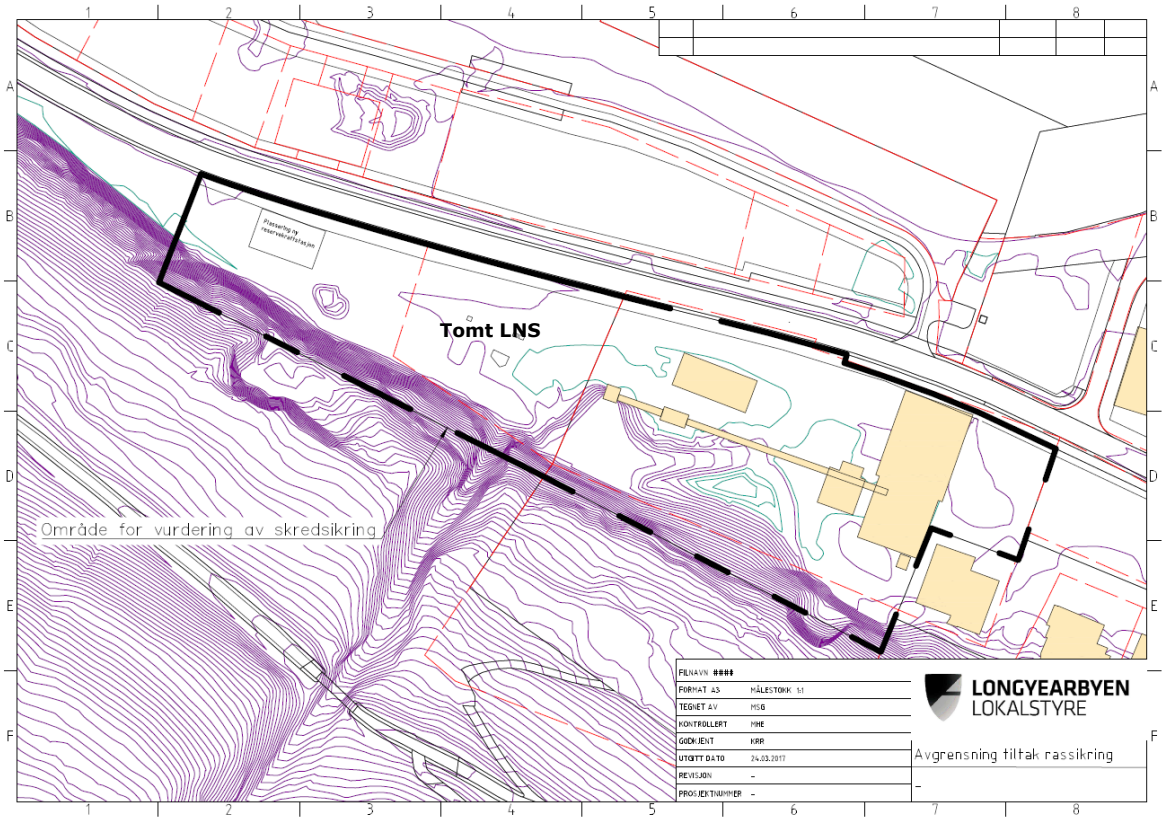
Longyearbyen Lokalstyre har engasjert Rambøll Norge AS til å vurdere skredsikringstiltak for tomtearealet til Longyear energiverk. Området som er vurdert er vist med svart stiplet line i Figur 1, hvor gule bygninger innenfor områdeavgrensningen er eksisterende energiverkbygninger.

Det er tidligere utført skredfarevurderinger i området av Rambøll og Multiconsult, hvor energiverktomta er inkludert i vurderingsområdene. I henhold til tidligere skredfarevurderinger ligger energiverktomta innenfor faresone for jord- og flomskred, samt sørpeskred. I henhold til krav til sikkerhet mot skred i plan- og bygningslovene og tilhørende byggeteknisk forskrift TEK 10, er sikkerhet for skred ikke ivaretatt i henhold til de kravene som stilles for den sikkerhetsklassen som energiverket tilhører.

Rambøll er engasjert til å gjøre en vurdering av aktuelle sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred i henhold til kravene gitt i plan- og bygningsloven og tilhørende byggeteknisk forskrift TEK 10. Longyearbyen Lokalstyre ønsker en vurdering av sikringstiltak som for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet for eksisterende bygninger, infrastruktur og oppholdsarealer på eneregiverktomta - samt en vurdering av sikringstiltak i forbindelse med planlagt bygging av nytt reservekraftanlegg vest for eksisterende energiverk.

Etter avtale med oppdragsgiver, er oppdraget delt i to delleveranser. Denne rapporten er delleveranse nr. 1, og omhandler en vurdering av sikringstiltak for arealene mellom eksisterende renseanlegg tilhørende energiverket og fjellskjæringen mot sørvest. Delreferanse nr. 2 leveres som egen rapport i henhold til avtalt framdriftsplan, og vil omhandle en vurdering av plassering, utforming og sikringstiltak for planlagt nytt reservekraftanlegg. 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. Rørledningen går gjennom området vurdert som faresone for skred. Rapporten i delleveranse nr. 2 gir også en vurdering av nødvendig skredsikringstiltak for denne rørledningen.

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. Basert på mottatt innmåling, ble det avdekket at mottatt kartgrunnlag var feil. 27. juni 2017 utførte Marit B. Pedersen kontrollmålinger (avstandsmålinger) på tomten for å bekrefte dette. Det antas derfor at kartgrunnlaget viser terrenget før etablering av renseanlegget.



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.

2. REGELVERK OG RETNINGSLINJER

2.1. Plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift TEK 10

Krav til sikkerhet mot skred er gitt i Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK10 § 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.»

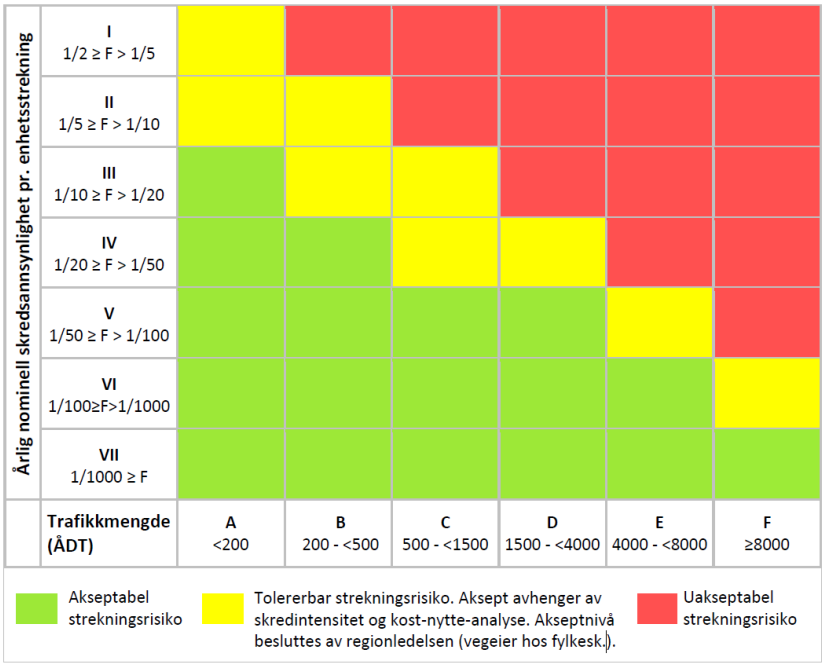
Ved plassering av byggverk i skredfarlige områder er det definert tre sikkerhetsklasser for skred, se Tabell 1, inndelt etter konsekvens og største nominelle årlige sannsynlighet. Retningsgivende beskrivelse av eksempel på byggverk i de tre sikkerhetsklassene er gitt i TEK 10.
I vurderingen av hvilken 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 sann-synlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

2.2. Statens vegvesens risikoakseptkriterier for skred

Statens vegvesens har utarbeidet risikoakseptkriterier for skred på veg (Statnes vegvesen, 2014). Figur 2 viser risikomatrisen der årlig nominell sannsynlighet for skred er sammenstilt med trafikkmengden (ÅDT) på vegstrekningen. Strekningsrisiko og behovet for tiltak er definert med grønn, gul og rød farge.



Figur 2: Risikomatrise for skred på en vegstrekning. Grønn, gul og rød angir akseptnivå.

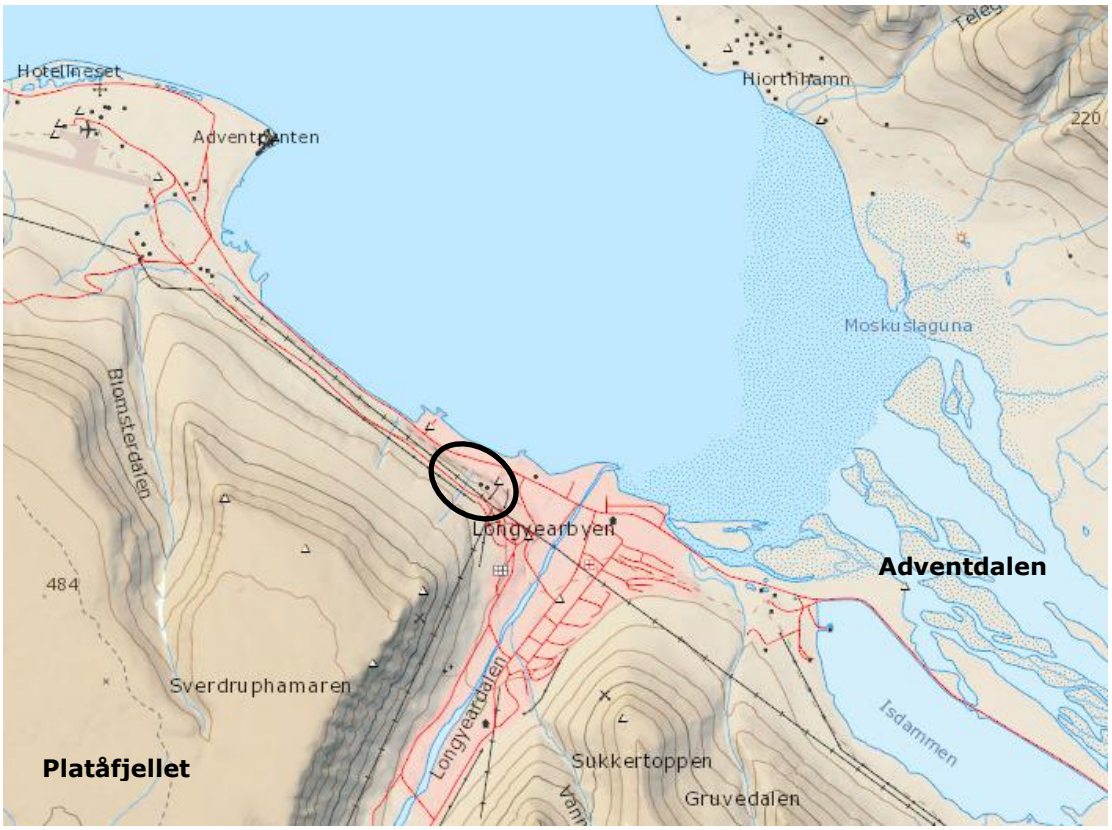
2.3. Vurdert akseptabel skredrisiko for aktuelt område

Asfalteringen rundt energiverket vil føre til lettere tilkomst bak renseanlegget og økt personopphold i forbindelse med den daglige driften av anlegget. Personoppholdet vil hovedsakelig være i traktor og truck, men det kan ikke utelukkes at det også vil være sporadisk ferdsel innenfor området. Basert på Statens vegvesens risikoakseptkriterier for en vegstrekning av laveste klasse for trafikkmengde (ÅDT <200), bør behovet for sikringstiltak utredes dersom årlig nominell sannsynligheten (F) for skred vurderes å være ½ ≥ F <1/10. Basert på tidligere faresonekartlegging og skredfarevurdering som dekker området, forventes sannsynligheten for en skredhendelse i det intervallet som tilsier at behovet for sikringstiltak må utredes.

Basert på bruken av området, vurdere Rambøll at et sikkerhetsnivå som kreves for byggetiltak av sikkerhetsklasse S1 vil være rimelig å legge til grunn ved vurdering av skredrisiko i uteområdet for renseanlegget. Forslag til sikringstiltak som er utredet i denne rapporten, tar utgangspunkt i at kravet til sikkerhet for sikkerhetsklasse S1 skal tilfredsstilles.

3. BESKRIVELSE AV PROSJEKTOMRÅDET OG OPPDRAGET

Prosjektområdet «Longyear energiverk» ligger nordvest for Longyearbyen sentrum ved Adventfjorden, mellom Vei 600 og bratt terreng mot sørvest. I Figur 3 er et oversiktskart som viser hvor tomta er plassert. Energiverktomta er vist i Figur 1 i innledende kapittel. Sentralt i vurderingsområdet er arealer som tilhører LNS, som benyttes til lagerområde og tankanlegg.



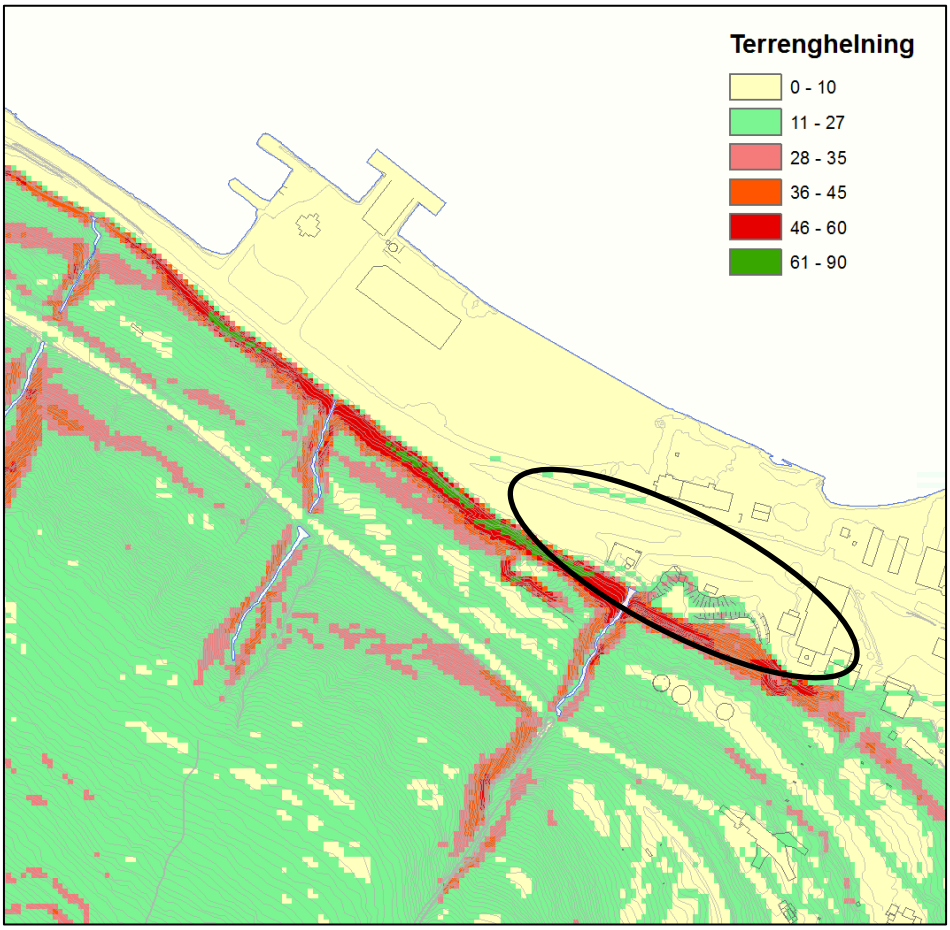
Figur 3: Oversiktskart. Energiverktomta ligger innenfor svart sirkel.

3.1. Områdebeskrivelse

I henhold til mottatt kartgrunnlag, ligger energiverktomta på kote 3 -10. I forbindelse med arbeidet i dette oppdraget, er det oppdaget at mottatt kartgrunnlag er ikke oppdatert med innmåling av et renseanlegg som iht oppdragsgiver ble oppført i 2015. Høydegrunnlaget er heller ikke oppdatert med dagens terrengnivå rundt dette renseanlegget.

Tomta er avgrenset av Vei 600 i nord, som er hovedveien fra Longyearbyen og ut til blant annet flyplassen. Mot sørvest stiger terrenget oppover til Sverdruphammeren, som er en del av Platåfjellet. Fjellsida har sitt høyeste punkt på ca kote 480 og har helning ned mot nordøst og Adventfjorden. Fjellsida har i all hovedsak helning ≤ 28°. I øvre del av fjellsida finnes noen områder med helning 28-35°, samt noen begrensede områder med helning 35-45°, se figur 3.
Fra energiverktomta er det en bergskjæring som stiger opp til omtrent kote 35, en høydeforskjell på 30-25 m. Skjæringen er høyest i vestre del av prosjektområdet. Eksisterende tankanlegg, vist som sirkler i bratt terreng sørøst for energiverktomta, ligger på ca. kote 45. Omtrent på kote 60 går den såkalte Burmaveien, som er den gamle veien ut til Hotellneset og flyplassen. Veien ligger i hovedsak i terreng, og på fylling eller bru over elvedalene. Det finnes stikkrenner gjennom fyllingene. Nedenfor går Burmaveien den gamle taubanetraséen ut til Hotellneset.

Som en ser av helnigskartet i Figur 4 skjærer det en ravine/bekkedal gjennom terrenget over midtre del av energiverktomta. Slike raviner/bekkedaler er typiske formasjoner i foten av Platåfjellet og andre fjellsider på Svalbard. Det er flere slike i foten av fjellsiden nordvest for prosjektområdet.



Figur 4: Helningskart. Energiverktomta ligger innenfor svart sirkel.

3.2. Generell beskrivelse av oppdraget

I oppstartsmøte med oppdragsgiver 04.05.2017 ble det avtalt at oppdraget leveres som to delreferanser. I dette kapittelet gis en kort beskrivelse av hva som omtales i hver av delreferansene.

3.2.1. Delleveranse 1: Arealene mellom eksisterende energiverk og fjellskjæring i sørvest

Delleveranse nr. 1 (denne rapporten) omhandler området mellom eksisterende energiverk og bergskjæring mot bratt terreng i sørvest, se Figur 1. Dette området skal asfalteres til sommeren, og det vil bli ferdsel her både i arbeidsperioden med asfalteringen og i forbindelse med driften av anlegget i ettertid. Det vil være mulig å kjøre mellom eksisterende bygninger og bergskjæringen etter asfalteringen, men opphold vil være sporadisk og kortvarig. Med tanke på vinterdrift med traktor, har oppdragsgiver anslått at vegen rundt renseanlegget må være 3 m bred og svingradius på omtrent 7 meter.

Planlagte arbeider anses ikke som et byggetiltak i henhold til plan- og bygningsloven, men Longyearbyen Lokalstyre ønsker en vurdering av nødvendige sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred for utearealene. Rambøll har vurdert aktuelle sikringstiltak, inkludert en kostnadsestimering. Detaljprosjektering kan utføres dersom oppdragsgiver ønsker å gjennomføre de de tiltakene som foreslås for sikre området.

3.2.2. Delleveranse 2. Arealet tiltenkt fremtidig reservekraftanlegg og eksiterende rørledning til LNS-tankanlegg

Basert på tidligere utførte skredfarevurderinger av Rambøll og Multiconsult/NVE er det foreløpig tenkt å plassere nytt reservekraftanlegg vest for eksisterende kraftanlegg. Omtrentlig tiltenkt plassering er vist i Figur 1. Longyear energiverk ønsker en gjennomførbarhetsstudie, med en vurdering av plassering og form av nytt reservekraftanlegg, samt nødvendige sikringstiltak for å muliggjøre byggingen. Aktuelle sikringstiltak skal resultere i at faresone 1/5000 kan flyttes slik at reservekraftstasjonen ligger utenfor denne. Vurderingen skal også gi et kostnadsestimat av aktuelle sikringstiltak.

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 rennen i kartvedlegget. Den nye reservekraftstasjonen skal også ha drivstoff fra dette tankanlegg. Aktuelle sikringstiltak av eksisterende rørledning og den nye rørledningen skal vurderes. Det vil være viktig å se på alternativer til plassering.

Vurdering av dette leveres i egen rapport høsten 2017 i henhold til avtalt framdrift.

4. TIDLIGERE UTFØRTE SKREDFAREVUDERINGER

Det er utført tidligere skredfarevurderinger som også 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.

I dette kapittelet gjengis resultater og vurderinger omtalt i rapportene fra Rambøll og Multiconsult/NVE.

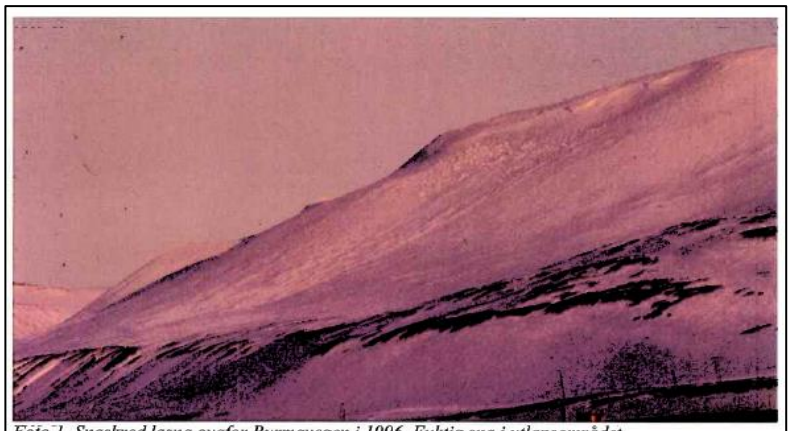
4.1. Registrerte skredhendelser

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.

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

4.2. Tidligere skredfarevurdering for aktuelt område

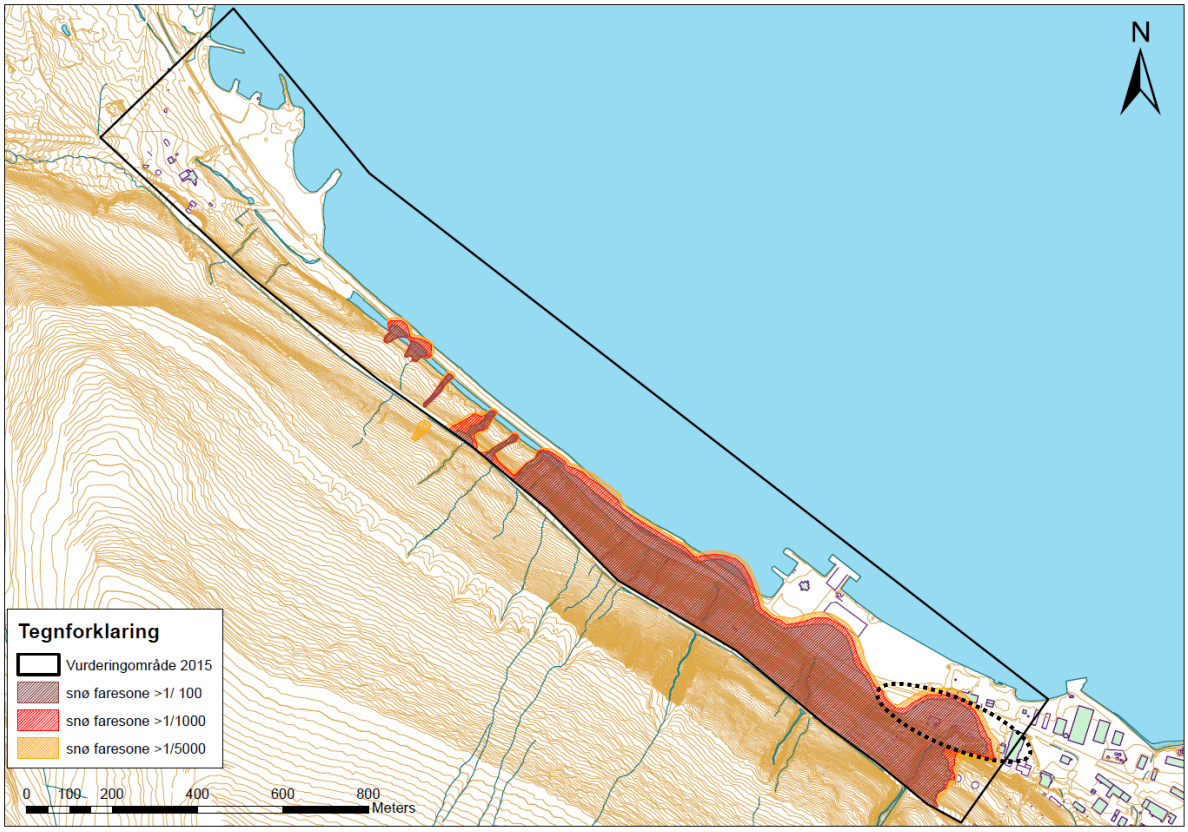
4.2.1. Snø- og sørpeskred

Figur 6 viser faresonekart for snøskred utarbeidet av Rambøll i forbindelse med tidligere skredfarevurderinger for Bykaia og Longyearbyen havn II. Området over eksisterende energiverk ligger akkurat på grensen av vurderingsområdet. Planlagt adkomstområde havner så vidt innenfor området definert som faresone 1/5000, det vil si hvor nominell årlig sannsynlighet for skred vurderes å være større enn 1/5000.

Rambøll har vurdert at det er potensielle løsneområder for flakskred mot toppen av fjellsiden mot Sverdruphamaren, da terrenghelning er slik at det teoretisk kan skje ansamling av snø. I Rambøll sin rapport er det skrevet at det ved tidligere befaringer i området er observert at det etableres skavler av snø i øvre del av fjellsida.

I følge utførte klimaanalyser og lokalkunnskap er hovedvindretningen i Adventdalen i retning SØ-NV. Det blåser da i retning langs fjellsida over energiverktomta og Vei 600, og på tvers av de omtalte ravinene/bekkedalene som skjærer ned i terrenget her. Dette fører til at snøen i selve fjellsida eroderes av vinden. Ravinen over energiverktomta blir le-område, hvor snø samles. Dette skal stemme godt overens med observasjoner under befaringer utført i forbindelse med skredfarevurderingen, og framkommer også av bildene i Figur 7.

Definerte faresoner på kartet i Figur 6 i tillegg til befaring, basert på RAMMS-analyse av sørpeskred og snøskred, med gjentaksintervall 100, 1000 og 5000. Modellerte løsneområder for sørpeskred ble satt i ravinene over energiverktomta og Bykaia, og i ravnen nordøst for energiverktomta. Løsneområde for snøskred ble definert i fjellsiden fra Bykaia og til og med småbåthavna, for å vurdere faren for flakskred i fjellsiden. Modelleringen viste at flakskred stoppet i de flatere partiene oppe i fjellsiden før Burmaveien. Ved store flakskred viste modelleringen at snømasser kan kanaliseres i ravinene i terrenget og få utløp over energiverktomta.



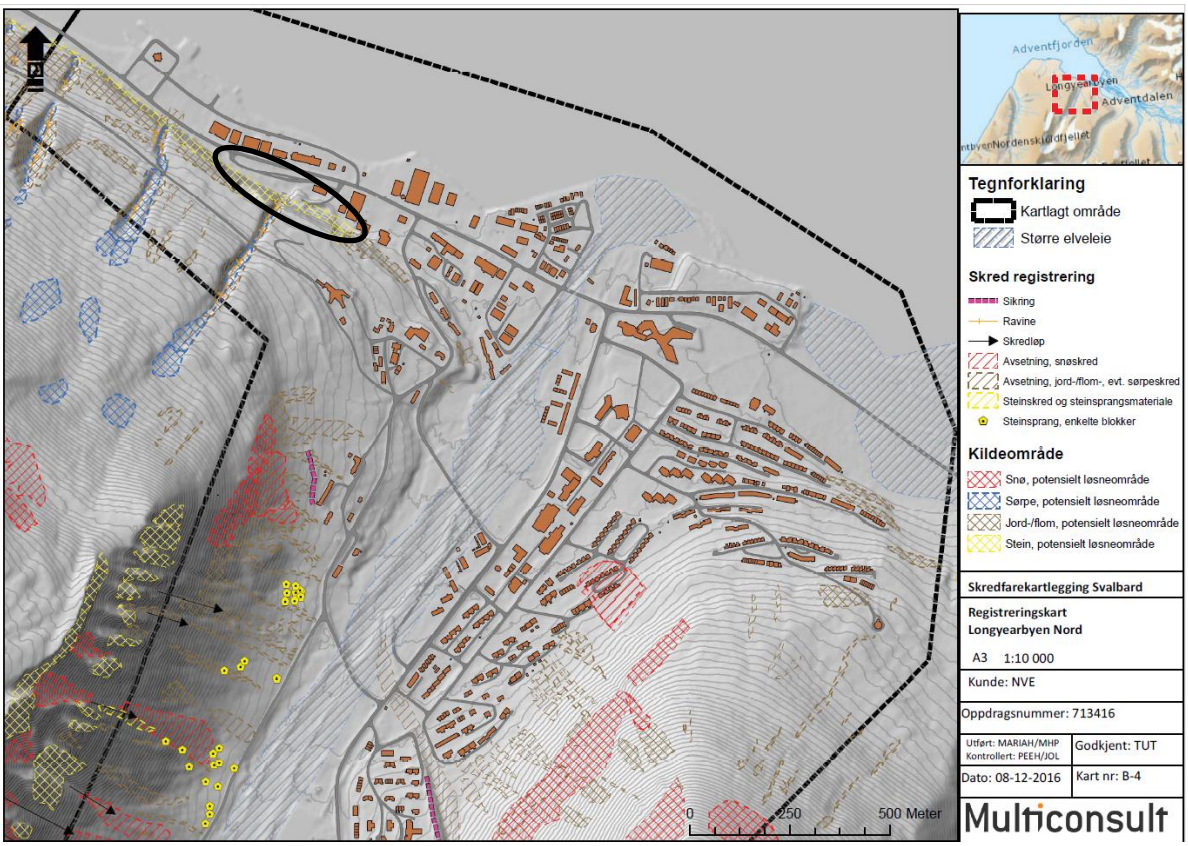
Figur 6: Faresonekart snøskred for området fra Bykaia til småbåthavna utarbeidet av Rambøll (Rambøll, 2015). Energiverktomta ligger innenfor svart stiplet sirkel.

Figur 7 Bildet fra Figur 13 i Rambøll sin rapport (Rambøll, 2015). Bildet viser ravinen over energiverk-tomta. Eksisterende tankanlegg og rørledning vises på bildet.

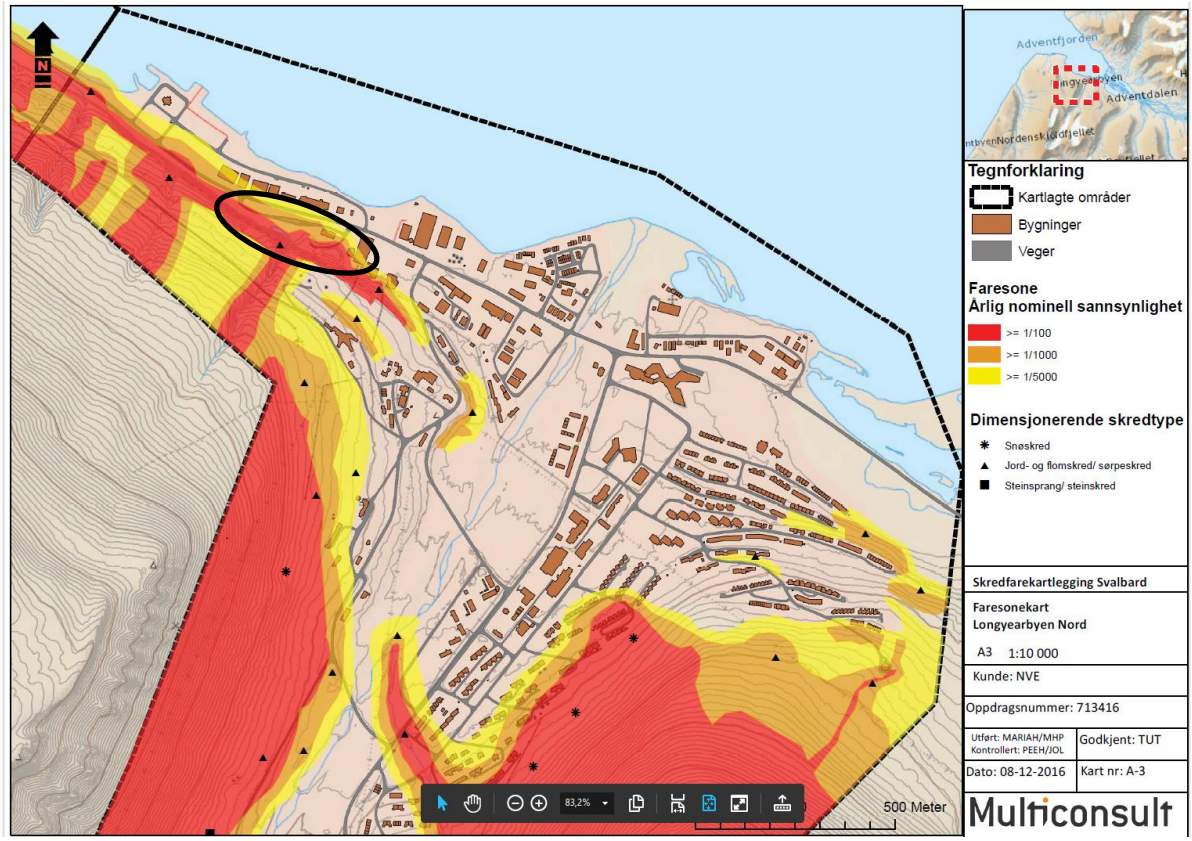
Figur 8 viser registreringskart utarbeidet av Multiconsult i forbindelse med faresonekartleggingen i 2016 (NVE, 2016), der det er definert potensielle løsneområder for flere skredtyper i terrenget over energiverktomta. Langs hele ravinen over energiverktomta er det definert potensielle løsne-områder for sørpeskred og jord- og flomskred. I fjellsiden over ravinene er det avgrenset lokale

områder som er vurdert som potensielle løsneområder for sørpeskred. I terrenget over vestre del av energiverktomta, er det definert potensielle løsneområder for jord- og flomskred på toppkant av den bratte skjæringen i foten av fjellsiden, og i terrenget over Burmaveien. Hele skjæringen i foten av fjellsiden er definert som potensielt løsneområde for steinsprang. I skjæringen bak eksisterende energiverkbygg og det gamle energiverket er det definert potensielt løsneområder for jord- og flomskred. Også i terrenget i øvre del av fjellsiden er det definert mindre områder som løsneområde for jord- og flomskred. Største deler av øvre del av fjellsida er definert som potensielt løsneområde for snøskred, vist med rød skravur.

Figur 9 viser faresonekart utarbeidet av Multiconsult, der energiverktomta ligger innenfor svart sirkel. I henhold til symbol på kartet er jord- og flomskred/sørpeskred vurdert som dimensjonerende skredtype i området over energiverktomta. Etter Multiconsult sine vurderinger ligger deler av energiverktomta innenfor faresone 1/100, hvor det er vurdert at faren for skred er større enn 1/100. Største delen av tomta ligger innenfor faresone 1/1000 og 1/5000, og kravet til sikkerhet for tiltak i sikkerhetsklasse S2 og S3 er ikke ivaretatt her. Det er kun nordligste del av eksiterende energiverk som er vurdert å ligge utenfor definerte faresoner. I området som planlegges asfaltert ligger innenfor definert faresone 1/100, og nominell årlig sannsynlighet for skred er vurdert å være større enn 1/100. Dette innebærer at dersom krav til sikkerhet i henhold til TEK 10 skal legges til grunn, må det utføres sikringstiltak i et tilfelle der et er aktuelt å etablere byggetiltak av sikkerhetsklasse S1 i området mellom bergskjæringen og eksisterende energiverkbygning.



Figur 8: Registreringskart utarbeidet av Multiconsult (NVE, 2016). Energiverktomta ligger innenfor svart sirkel.



Figur 9: Faresonekart utarbeidet av Multiconsult. Energiverktomta ligger innenfor svart sirkel. Jord og flomskred/sørpeskred er definert som dominerende skredtype for området over energiverktomta i henhold til symbol på kartet.

4.2.2. Jord- og flomskred skred/løsmasseskred

Rambøll har vurdert at det ikke er fare for løsmasseskred fra bratt terreng som kan nå Bykaia. Vurderingen er basert på at det ikke er observert områder med tilstrekkelig mengde løsmasser i kombinasjon med terrenghelning over 30 grader, som anses som potensielt løsneområde for en skredhendelse. 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, og det må derfor gjøres en ny vurdering om slike mindre utglidninger kan utgjøre skade på energiverktomta.

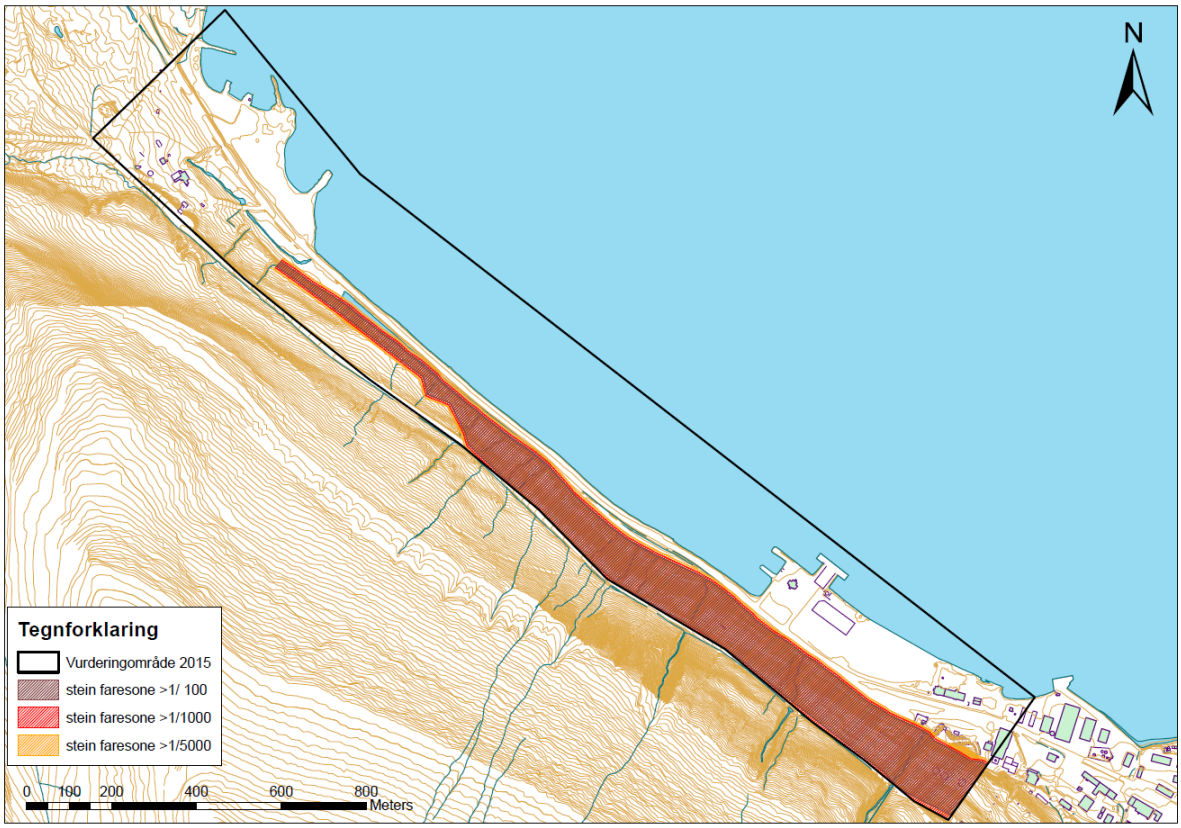
Multiconsult har i sin vurdering definert faresoner for jord- og flomskred i flere områder over energiverktomta, se Figur 8. Det er definert flere potensielle løsneområde for jord- og flomskred, blant annet i skjæringen bak eksisterende energiverkbygg og det gamle energiverket. Multiconsult har ikke 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. Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til at både snøskred fra høyereliggende terreng samt jord-, flom- og sørpeskred, som er vurdert som sannsynlig at kan løsne i skråningen og følge ravinene i terrenget under.

4.2.3. Steinsprang

Rambøll har vurdert at det er fare for steinsprang fra bergskjæringen langs tomtegrensen i sørvest og opp til omtrent kote 35 under Burmaveien. Multiconsult har tilsvarende vurdering, der

potensielt løsneområde for steinsprang er vist med gul skravur på registreringskartet i Figur 8. Rambøll har beskrevet at bergskrenten er svært tett oppsprukket og det går jevnlige steinsprang av moderat størrelse. Foliasjonen ligger subhorisontalt. Det er i tillegg vertikaloppsprekking i bergmassen. Også Multiconsult har kommentert at det er sannsynlig at mindre steinsprang kan løsne i skjæringen langs Flyplassveien, men på grunn av steil skjæring er det vurdert at utfall vil få korte utløpslengder.

Rambøll har gjennomført modellering av steinsprang med programmet Rocfall. Det ble modellert med steinblokker i størrelsesorden 0,02 m^3(omtrent 60 kg) I Figur 10 vises faresonekart for steinsprang utarbeidet av Rambøll (Rambøll, 2015). Etter Rambøll sin tidligere vurdering har steinsprang kort utløpslengde, og faresoner er tegnet få meter inn på energiverktomta. Eksisterende energiverkbygninger ligger kun delvis innenfor området som Rambøll har vurdert tidligere, og en detaljvurdering for dette området bør gjøres i forbindelse med dette oppdraget.



Figur 10: Faresonekart steinsprang for området fra Bykaia til småbåthavna. Energiverktomta ligger innenfor svart stiplet linje. Terrenget over eksisterende energiverkbygninger er bare delvis vurdert, og bør derfor kartlegges i forbindelse med dette oppdraget.

4.3. Klima

Klima på Svalbard er omtalt i rapporter fra Rambøll (Rambøll, 2013) og (Rambøll, 2015) og NVE/Multiconsult (NVE, 2016), og det anses ikke som nødvendig å utføre en ny klimaanalyse i forbindelse med dette oppdraget. I dette kapittelet gjengis data og vurderinger fra de tidligere utførte klimaanalysene.

4.3.1. Benyttet klimadata

Klimadata fra følgende kilder er benyttet til de tidligere utførte klimaanalysene:

Rambøll

- Værstasjon Longyearbyen Flyplass. Opprettet i 1964 og ligger lokalisert 28 moh. i et åpent område på østsiden av flyplassen. Data hentet fra www.eklima.no.
- Værstasjon i Adventdalen.

Multiconsult

- Værstasjon Longyearbyen Flyplass. Data hentet fra www.eklima.no.
- Værstasjon i Adventdalen.
- Værstasjon på Gruvefjellet. Opprettet i 2001. Lokalisert slik at den er lite påvirket av vind, og der derfor benyttet til å tolke de varierte vindforholdene. Data fra denne ble benyttet i forskningsprosjektet Cryoslope ved Universitetet på Svalbard.

4.3.2. Temperatur og nedbør

Longyearbyen ligger på 78°N. Svalbard har sammenliknet med fastlandet lite nedbør. Klimaanalysen utført av Rambøll er basert på klimadata hentet fra www.eklima.no. Registrerte klimadata viser at Longyearbyen har en årsmiddeltemperatur på rundt - 6 °C (Rambøll, 2015). Høyeste gjennomsnittstemperatur på sommeren er < 6°C (NVE, 2016). Målinger fra værstasjonen Svalbard Lufthavn (28 moh.) viser en gjennomsnittlig årsnedbør for tidsperioden 2003-2012 på 186 mm. Til sammenlikning definerer Meteorologisk Institutt en ørken som et område hvor det kommer mindre enn 250 mm nedbør i året.

Det har vært flere hendelser der det er registrert mye nedbør på kort tid, for eksempel som snø i desember 2015 (47,7 mm) og som regn 8. november 2016 (41,7) (NVE, 2016).

Figur 11 viser Figur 6 i Multiconsult sin rapport (NVE, 2016). Tabellen viser beregnede ekstremverdier for nedbør som kan forventes med ulike gjentaksintervaller, basert på ulike beregningsmetoder/ekstrapolering. Målt mengde nedbør kan imidlertid være systematisk underestimert, da hovedmengden nedbør kommer som snø under sterk vindpåvirkning.

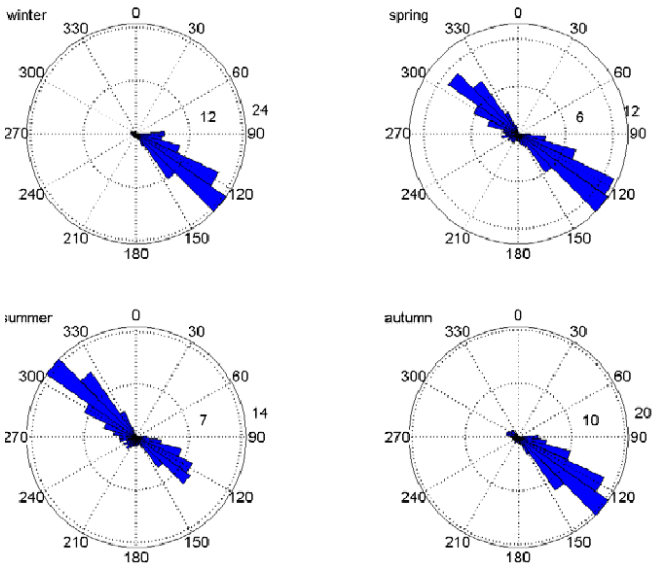
		Nedbørsperiode			
Returperiode	Sesong	1 døgn		3 døgn	
		Gumbel	NERC	Gumbel	NERC
100 år	År	35	36	53	53
	Vinter	28	25	44	40
	Vår	21	19	32	29
	Sommer	30	27	41	38
	Høst	23	23	35	35
1000 år	År	46	60	72	85
	Vinter	39	42	62	65
	Vår	29	32	44	49
	Sommer	42	45	57	62
	Høst	32	39	47	57

Figur 11: Tabell hentet fra Multoconsult sin rapport (Figur 6) (NVE, 2016) Tabellen viser ekstremnedbør for sesonger, verdier i mm– returperiode 1-døgns og 3-døgnsnedbør for Svalbard Lufthavn for perioden 1964-2015. Data er hentet fra www.eklima.no i 2016.

4.3.3. Vind

Figur 12 viser vindroser hentet fra Rambøll sin tidligere rapport (Rambøll, 2015). Generelt er Longyearbyen sterkt preget av vind fra sørøst. I rapporten beskrives det at resultater fra Cryoslope målingene på Svalbard viser at vinden som regel kommer fra sør, men med sterkest

og lengst varig vind fra sørøst. Dette fører til at skavler bygges opp på de vestvendte fjelltoppene.



Figur 12: Figur hentet fra Rambøll sin tidligere rapport (Rambøll, 2015). Figuren viser dominerende vindretninger målt i Adventdalen.

4.3.4. Permafrost

Permafrost i grunnen må tas hensyn til når sikringstiltak skal fundamenteres. Permafrost forekommer i fast berg og i løsmasser. På sommeren vil permafrosten tine nærmest overflaten, det såkalte aktive laget. I prosjektering av fundamentering må forventet tykkelse på det aktive laget bestemmes. Under dagens forhold på Svalbard regnes det aktive laget å være 0,5-3 m tykt. Det aktive laget er tynnest i ikke-konsoliderte sedimenter og tykkest i fast berg (ref. Multi-rapport Dallman W.K., 2015).

5. OBSERVASJONER OG VURDERINGER FRA BEFARING

5.1. Områdebeskrivelse

Figur 13 viser bilde av aktuelt område tatt på vestsiden av energiverket. Til høyre i bildet i vises nedsiden av en fangdam. Over dammen er det en løsmasseskråning/vifte. Det er ønkelig å asfaltere hele området på vestsiden, rundt hjørnet og bak renseanlegget.

Grønt bygg er eksisterende energiverk, og grått bygg er renseanlegg som ble oppført i 2015. På befaringsdagen ble det oppdaget at renseanlegget ikke er innmål i tilgjengelig kartgrunnlag. Innmåling av rensenalegget ble mottatt fra oppdragsgiver 27.06.2017. Mottatt innmålig av bygget og avstandsregistereringer i felt ga ikke overenstemmelse med tilgjelig kartgrunnlag, og det ble mistenkt at terrengnivået rundt renseanlegget er fylt opp i forbindelse med oppføringen. Marit B. Pedersen utførte supplerende avstandsmålinger mellom renseanlegget og bergskjæringen, som bekrefter dette. Bilder og registeringer fra de supplerende innmålingene er vedlagt i vedlegg 1. Målingene viser at rundt hjørnet av renseanlegget det er omtrent 3-5 m avstand til løsmasseskråningen og bergskjæringen. Sammenliget med tilgjengelig kartgrunnlag ligger terrengnivået antakelig på omtrent kote 7 i dette området.

Figur 14 viser området bak renseanlegget. Fra hjøret av renseanlegget til skjæringen er det omtrent 12 m, som heller ikke stemmer med kartgrunnlaget og det forventes at eksisterende terreng ligger høyere. En annen mulighet er at det kan ha blitt utført inngrep i skjæringen.

Bak renseanlegget er det en steil bergskjæring. Denne er brattest opp til omtrent kote 31. Rett bak renseanlegget er det en grop i skjæringen fra kote 13 til kote 31. Over den steile skjæringen flater terrenget gradvis av fra 30°-45° og slakere videre opp til tankanlegget som ligger på kote 42. I henhold til registreringskart fra faresonekartleggingen utført av Multiconsult, er hele den steile skjæringen bak renseanlegget definert som potensielt løsneområde steinsprang.

Figur 13: Eksisterende energiverk. Det er ønskelig å asfaltere rundt bygget, slik at området mellom bygget og skjæringen kan benyttes til å kjøre truck.

Figur 14: Området bak renseanlegget som planlegges asfaltert.

5.2. Berggrunn og løsmasser

Massene i løsmasseskråningen/viften over fangdammen ser ut til å være fra stedet. Massene er godt gradert, og kan være dumpet i forbindelse med etablering av tankanlegget lenger opp i skråningen.

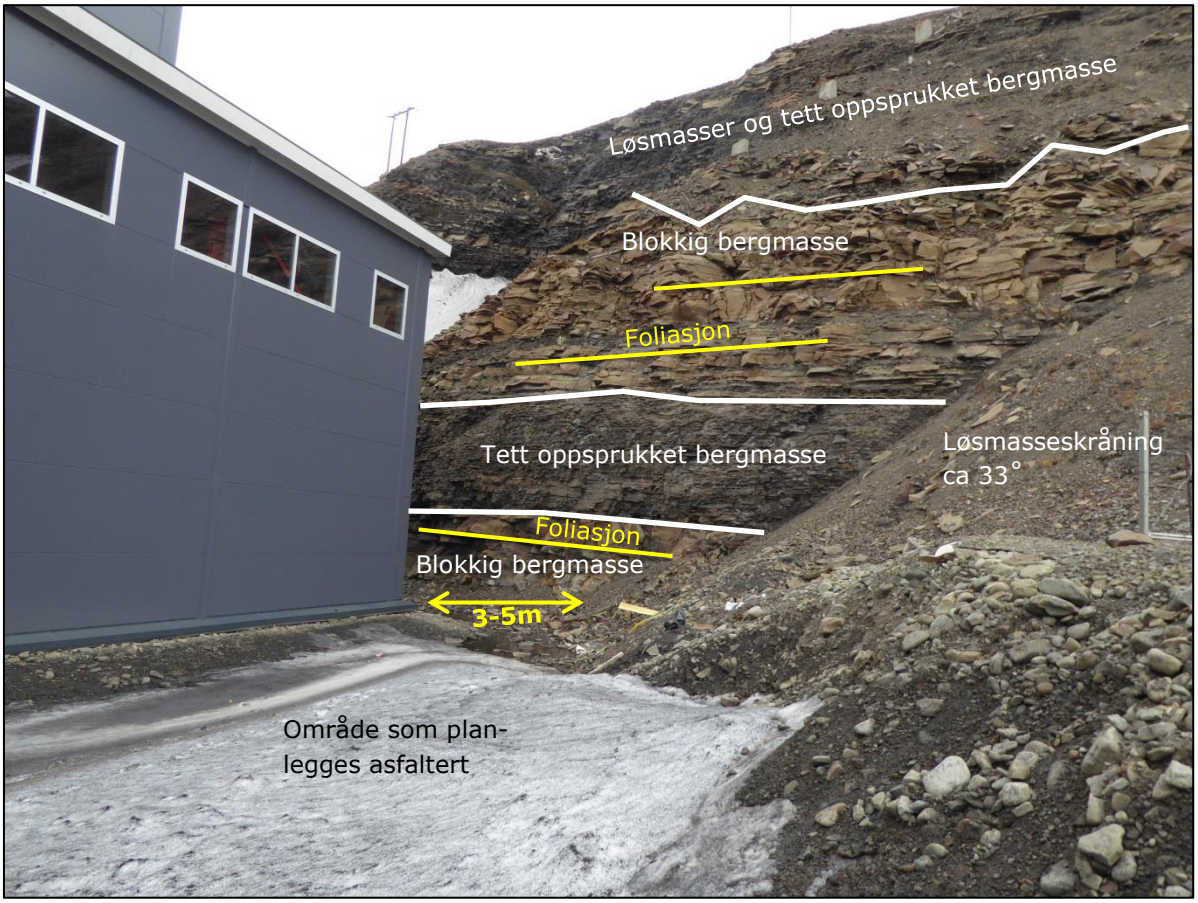
Helningen i løsmasseskråningen ble målt til omtrent 33°. Det renner et lite vannløp nedover skråningen og ut i fangdammen, se Figur 15. Det er tegn til erosjon langs vannløpet. På toppkant av skråningen ble det observert at det er lagt opp en liten voll av løsmasser som leder vann til løsmasseskråningen over fangdammen. Vollen ser ut til å være fra nyere tid, som tyder på at det observerte vannløpet ikke er en naturlig drensveg. Avstanden fra hjørnet av renseanlegget til foten av løsmasseskråningen er omtrent 3 meter.

Figur 15: Løsmasseskråning. Tegn til erosjon på grunn av vanntilførsel.

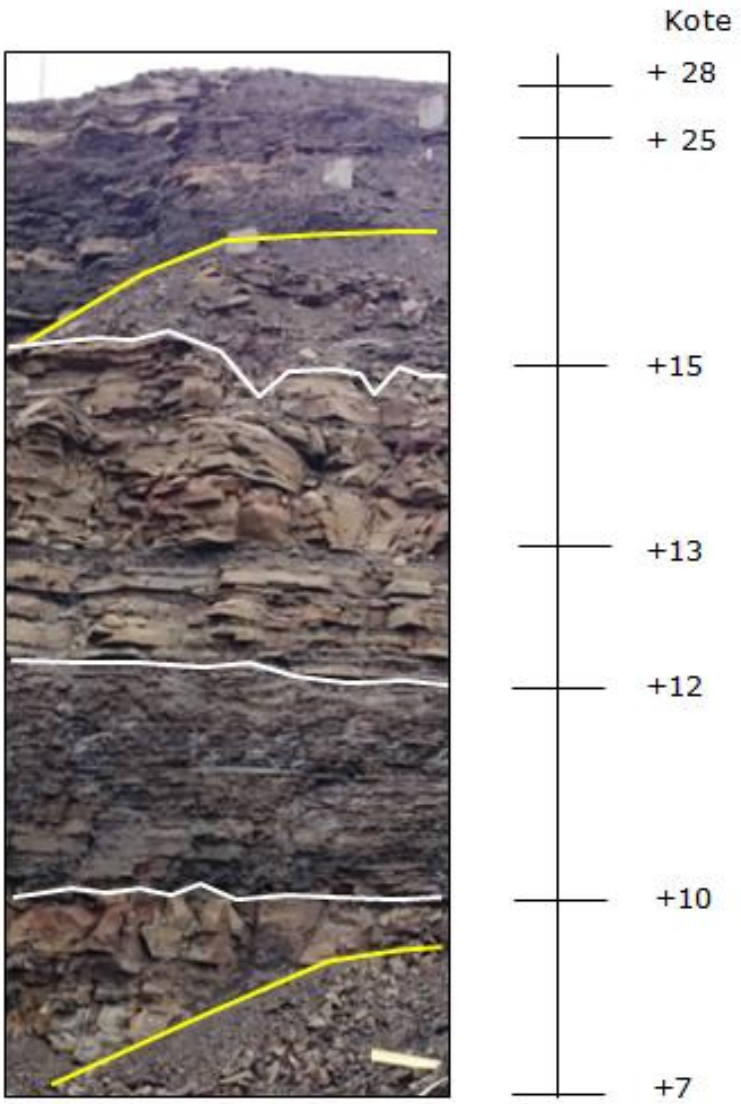
Figur 16: I terrenget på toppkant av skjæringen over fangdammen er det løsmassedekke og generelt bløtt.

Figur 17 viser bergmassen i skjæringen bak renseanlegget. Som en ser av bildet i Figur 14 er bergmassens karakter tilsvarende i hele området bak renseanlegget. Bergmassen består av sandstein med lagdeling av ulik bergmassekarakter. I Figur 18 og Figur 19 er omtrentlige kotehøyder på de framtredende lagdelingene avmerket. I foten av skjæringen er det blokkig bergmasse. Fra omtrent kote 10 til kote 12 er det et lag der bergmassene er tett oppsprukket og forvitrert. I dette beltet er skjæringen tilnærmet vertikal. Oppsprekkingen er så tett at overflaten får jevt topografi, og nedfall vil kun være småstein som ryr ned. Fra kote 12 til omtrent kote 15 er bergmassen oppsprukket i større blokker. Hovedsprekkesett er langs den horisontale foliasjonen og tverroppsprekking normalt på foliasjonen. Skjæringen er steil, og i henhold til

helningkart er terrengehelningen 45-60°. Oppsprekkingen fører til avløsning av blokker. Observerte dominerende blokkstørrelser i skjæringen er i størrelsesorden 10 – 100 kg. Største observerte blokk er anslått å være i størrelsesorden 800 kg. Fra kote 15 til kote 28-31 er terrenghelningen 30-45°. Her er det tynt løsmassedekke i nedre del. Omtrent fra kote 25 til kote 28 er det framstikkende bergmasse som er foliert og oppsprukket, hvor dominerende blokkstørrelser er anslått å være størrelsesorden 10 – 100 kg. Basert på oppsprekkingsgrad og terrenghelning, forventes hyppigheten av nedfall av betydelige størrelser å være størst fra det blokkige laget mellom omtrent kote 12 og 15. Nedfall fra det øver partiet fra omtrent kote 25 til kote 28 kan imidlertid ikke utelukkes.



Figur 17: Bergmassen i skjæringen er sterkt oppsprukket. Foliasjonen (lagdelingen) er horisontal (gul linje). Hovedsprekkesett er langs foliasjonene og normalt på foliasjonen, som fører til avløsning av blokker. I øvre del er det løsmasser/forvitringsmateriale. Til høyre i bildet er det en løsmasseskråning og fangdam.



Figur 18: Lagdeling og omtrentlige koter

Figur 19: Lagdeling med omtrentlige koter i skjæringen bak rensenalegget.

5.3. Tegn til skredakivitet

På området bak renseanlegget ligger det flere blokker, som vurderes å være steinsprangblokker, se Figur 20. Dominerende blokkstørrelser på nedfall er anslått til omtrent 10-20 kg. Største observerte nedfallsblokk er anslått å være omtrent 60 kg, se Figur 21. Løsnepunkt for blokkene kan ikke bestemmes nøyaktig. Blokker som ligger i området i dag er antakelig nedfall som har kommet etter at renseanlegget ble oppført (i 2015), da området sannsynligvis ble ryddet i forbindelse med oppføring av renseanlegget. Oppdragsgiver har ikke informasjon om det har blitt flyttet eller fjernet blokker fra området etter at renseanlegget ble oppført. Det kan se ut til å være en trend i at blokker med lengst utløp ligger omtrent 7 meter ut fra skjæringsfot, men det kan ikke utelukkes at blokkene har blitt flyttet på. Det ble ikke registrert skader etter steinsprang i veggen til renseanlegget.

<u>Observert nedfall og oppsprekkingen i bergskjæringen tyder på at det flere ganger årlig forekommer steinsprang fra bergskjæringen bak renseanlegget.</u>

I løsmasseskråningen over fangdammen er det observert et vannløp, og tegn til erosjon langs løpet. Det er ikke observert spor etter større utglidninger av løsmasser i skråningen.

Figur 20: Bak renseanlegget er det generelt mye blokker som vurderes å være steinsprangblokker. Løsnepunkt til blokkene kan ikke bestemmes nøyaktig, og det er usikkert om blokkene er flyttet på.

Figur 21: Eksempel på blokk i foten av skjæringen som vurderes å være fra steinsprang. Blokkens overflatekarakter tilsier at blokken har kommet i løpet av de senere årene. Blokken anslås å være omtrent 60 kg.

6. EGNE VURDERINGER MED TANKE PÅ SKREDFARE

6.1. Steinsprangsimulering med RocFall

Beskrivelse av programvaren

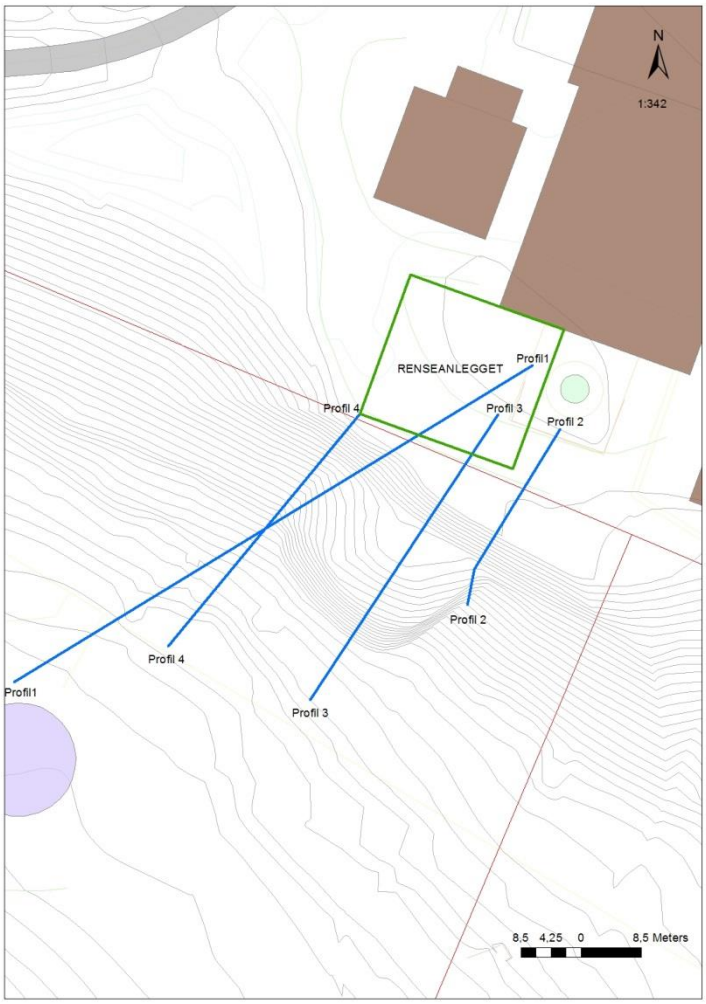
Det er utført steinsprangsimulering i programvaren RocFall 4.0 (Rocscience).
RocFall er et 2-dimensjonalt statistisk analyseprogram, hvor blokker slippes med fallbane langs et valgt terrengprofil. Steinsprangsimulering er et nyttig verktøy i vurderingen angående sannsynlige spretthøyder og utløpslengder til steinsprang, og kan benyttes til å undersøke sannsynlige energinivå på steinsprangblokker. I RocFall simuleres sirkulære blokker hvor masses anses som samlet i et uendelig lite punkt. Denne forenklingen av virkeligheten gjør at simuleringene er uavhengig av fallblokkene form og volum, og vil av den grunn gi et konservativt resultat for simulert utløpslengde. I realiteten vil fallblokkens form og volum ha avgjørende betydning for utløpslengde og spretthøyde, og er en betrakting som er viktig å ta hensyn til når resultatene tolkes. Blokkenes masse blir tatt hensyn til i simuleringen av blokkenes bevegelsesenergi.

Parametere

Det er benyttet forhåndsdefinerte parametere i utført simulering. Det er valgt at normal restitusjonen (dempingskoeffisient normalt på treffpunkt med overflaten) skal skaleres med hastigheten til fallblokkene. Langs terrengprofilene er det valgt materialer som er forhåndsdefinert i programmet. Det er valgt å definere urmaterialer i de segmentene som krysser bunnen av gropa i skjæringen, mens langs resterende profil er det valgt bart berg. På bakkenivå er det valgt asfalt. Det er benyttet forhåndsdefinerte materialparametere for demping og friksjon.
Antatt egenvekt for bergarten i skjæringen er satt til 27 kN/m^3. Blokkstørrelse som er benyttet i simuleringene er 800 kg. Definert blokkstørrelse vurderes å være dimensjonerende for største blokkstørrelse som kan forventes med en nominell sannsynlighet på 1/100, og er basert på observert oppsprekking i skjæringen bak renseanlegget.

Profiler

Figur 22 viser hvor i terrenget det er tatt ut profiler til simuleringer (blå linjer).
Profiler til simuleringen er tatt ut fra en terrengmodell basert på mottatt kartgrunnlag, med oppløsning på 1 m koter. Profilene er videre manuelt tilpasset for å ta høyde for at terrenget rundt renseanlegget er fylt opp i forhold til kartgrunnlaget. For alle profiler er terrenget rundt renseanlegget tilpasset til kote 7.



Figur 22: Det er simulert langs fire profiler (blå linjer).

Resultater

Terrengprofilene og simulerte fallbaner er vist i Vedlegg 1. Det er simulert med løsnepunkt i det blokkige laget mellom kote 12 og kote 15, og fra bergblotningene mellom kote 25 og kote 31.

Simuleringene viser blokker som løsner fra det nedre partiet vil treffe bakkenivået i skjæringsfoten. Blokker som løsner fra det øvre partiet treffer bakkenivået opp til 5 meter ut fra skjæringsfot. Lengst utløpslengde er simulert for profil 3, noe som har en sammenheng med at terrenget i gropen i skjæringen gir blokkene en større horisontalkomponent i forhold til de andre profilene som er jevnt bratt. Etter første treff med bakken viser simuleringene at blokker vil få sprett og utløp inn på området som planlegges asfaltert. Da Rocfall definerer blokkenes volum som samlet i et uendelig lite punkt, vurderes simulerte maksimal utløpslengde å ikke være realistisk.

Fra simuleringene er energimengder til blokkene ved definerte punkter langs profilet undersøkt. Langs profil 1 og profil 4 er det valgt et målepunkt på kote 16, som representerer energimengden til blokker som løser fra de øverste bergblotningene. Simulert energimengde på dette nivået er opp i størrelsesorden 40-80 kJ. Langs Profil 3 er det satt et målepunkt 1 meter fra kanten av gropa på omtrent på kote 13, som gir simulerte energimengder i størrelsesorden 5-60 kJ.
For profil 1, 2 og 3 er det valgt målepunkt på antatt bakkenivå på kote 7, der målepunktet er satt rett utenfor fallbanene som treffer bakken lengst ut fra skjæringsfot. Med det er det energien etter at blokkene har hatt et treff med bakken som er undersøkt. Simuleringene viser at blokker som løsner fra det øvre området har en energimengde i størrelsesorden 20-50 kJ langs profil 1, 2 og 3. Blokker som løsner fra det nedre blokklaget, har simulerte energi i størrelsesorden 3-25 kJ.

Langs profil 4 er målepunktet satt i skjæringsfot, og er dermed påvirket av blokker som ikke har truffet bakken først. Målepunktet er satt i skjæringsfoten på grunn av at det i virkeligheten er begrenset plass i området dersom det skal etableres adkomstveg, og det ikke er aktuelt å etablere sikringstiltak langt utenfor skjæringsfoten. Simuleringene viser at blokker som løsner fra det øvre området og går til skjæringsfoten, har en energimengde i størrelsesorden 20-140 kJ. Blokker som løsner fra det nedre blokklaget har energimengde i størrelsesorden 30-50 kJ.

6.2. Vurdert skredrisiko

Området bak eksisterende energgiverk ligger akkurat på grensen av området som tidligere er vurdert i forbindelse med skredfarevurdering av Bykaia (Rambøll, 2013) og Longyearbyen havn (Rambøll, 2015), se Figur 10. Vestre del av området som skal asfalteres kommer så vidt innenfor faresone 1/5000 for snø- og sørpeskred. Definerte faresoner er i stor grad basert på RAMMS-analyse. Modellerte løsneområder for sørpeskred ble satt i ravinene over energiverktomta, mens løsneområde for snøskred ble definert i fjellsiden fra Bykaia og til og med småbåthavna. Modellerte utløp som når området av eksiterende energiverk, er snø som kanaliseres i ravinen over energiverktomta. I en reell situasjon vil trolig storparten av ravinene fylt med snø i en situasjon der flakskred løsner i fjellsiden, og det er da ikke sannsynlig at det kanaliseres snø her. Ved ny vurdering kan det se ut som at tidligere modellering ikke har tatt hensyn til fangdammen som er etablert i området. Under dagens forhold i området, vurderes fare for snø- og sørpeskred å ikke være aktuelt for området som planlegges asfaltert.

På registreringskart fra faresonekartleggingen utført av Multiconsult (NVE, 2016), se Figur 8, er det definert potensielt løsneområde for steinsprang bak eksisterende energiverk og nordvestover i skråningen. Potensielt løsneområde for jord- og flomskred er definert i skråningen bak det gamle energiverket øst for renseanlegget. I henhold til faresonekart utarbeidet av Multiconsult, er største delen av området som er planlagt asfaltert innenfor faresone 1/100, det vil si at årlig nominell sannsynlighet for skred vurderes å være større enn 1/100. Kravet til sikkerhet for sikkerhetsklasse S1 er dermed ikke tilfredsstilt i det aktuelle området. Eksempel på byggverk som inngår i sikkerhetsklasse S1 er garasje og lagerbygning med lite personopphold.

Observasjoner fra utført befaring i forbindelse med dette området tilsier at bergskjæringen er et potensielt løsneområde for steinsprang. Dersom klimaforandringene blir som forventet og permafrosten tiner, kan det ikke utelukkes at steinsprangaktiviteten vil øke. Basert på oppsprekkingsgrad og terrenghelning, forventes hyppigheten av nedfall av betydelige størrelser å være størst fra det blokkige laget mellom omtrent kote 12 og 15. Nedfall fra det øvre partiet fra omtrent kote 25 til kote 28 er også sannsynlig.

Fangevnen til gropen i skjæringen er nærmere vurdert ved simuleringer i RocFall, se Profil 3 i Vedlegg 2. Resultatet viser tydelig at steinsprang som løsner fra observerte bergblotninger i området mellom kote 25 og kote 31 med stor sannsynlighet vil få utløp ned til området som skal asfalteres. Gropen bidrar til at fallbanen får en betydelig horisontal komponent, og disse blokkene kan derfor få lange utløp ut fra skjæringsfoten. Smått nedfall som ryr ned vil fanges i gropen. Rambøll sin vurdering i forbindelse med dette oppdraget, samsvarer med dette med gjeldende faresonekart utgitt a NVE. Det er derfor rimelig at faresone 1/100, som er definert på gjeldende faresonekart (Figur 9), har samme utstrekning som sideterrenget.

<u>Basert på observert oppsprekkingen i bergskjæringen og registrert blokker som er registrert ved befaringen i forbindelse med dette oppdraget (juni 2017), vurderer Rambøll at det må påregnes at det flere ganger årlig kan forekomme steinsprang i området bak renseanlegget. Resultat fra utført steinsprangsimuleringer viser at det må forventes at nedfall vil få utløp inn på området som ønskers asfaltert. Det er valgt å vurdere risikoen for skred med bakgrunn i krav til sikkerhet mot skred i henhold til TEK 10 og retningslinjer fra Statens vegvesen. Basert på dette vurderes</u>

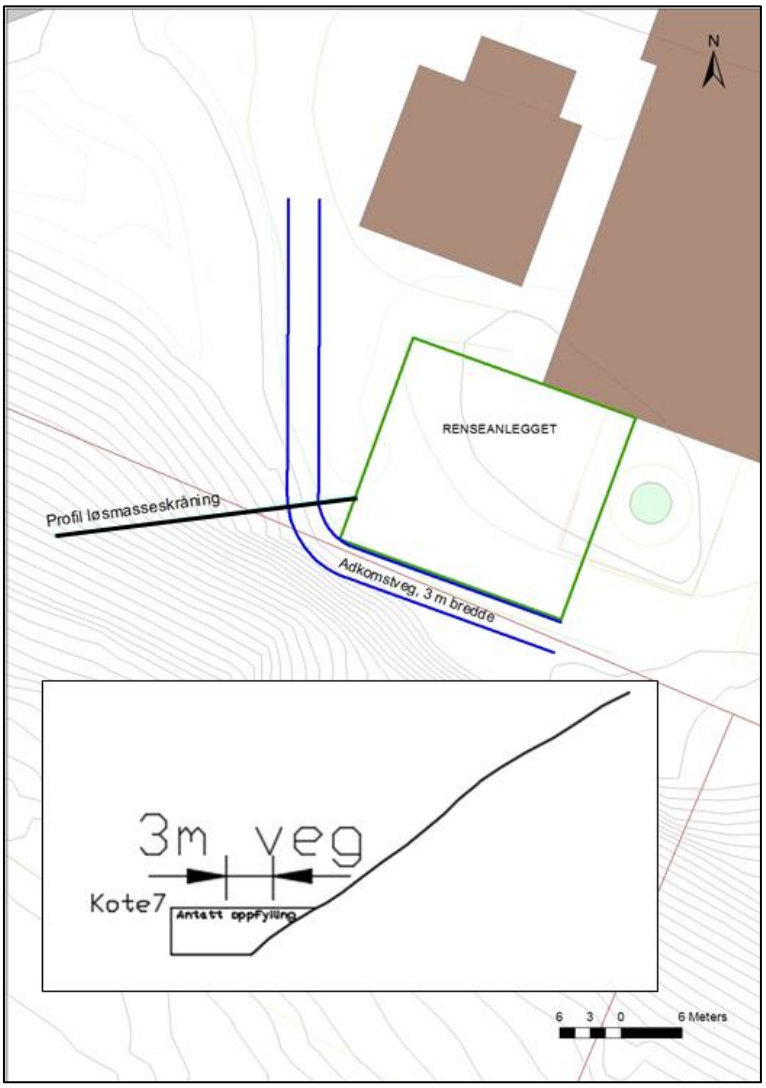
årlig nominell sannsynlighet for nedfall å være så stor i aktuelt område, at Rambøll anbefaler at det utføres sikringstiltak dersom planlagt asfaltering gjennomføres.

I løsmasseskråningen over fangdammen på vestsiden av energiverket, er det observert pågående erosjon i løsmassene. Jordskred utløses når jordmasser overmettes med vann. Faren for jordskred øker når det gjøres terrenginngrep som fører til oppsamling av vann i områder der det vanligvis ikke har drenert vann tidligere. Det er observert en voll som leder vann mot skråningen, og det kan se ut som at dette ikke har vært en naturlig vannveg tidligere. Det kan ikke utelukkes at det kan skje utglidning av masser i denne skråningen i et tilfelle med ekstrem vanntilførsel. Da mengden løsmasser og skråningens utstrekning er begrenset, vurderes det at mengden masser som kan gli ut ikke vil være større enn at massene vil fanges i dammen som er etablert i foten av skråningen.

Med dette vurderer Rambøll at det ikke er fare for jord – og flomskred fra området definert som potensielt løsneområde på Multiconsult sitt registreringskart (Figur 8) og mot området som skal asfalteres.

6.3. Vurdert gjennomførbarhet av adkomst rundt renseanlegget

For at området bak renseanlegget skal kunne benyttes som ønskelig, må det etableres en adkomstveg rundt vestre hjørne av renseanlegget. Oppdragsgiver har antydet at adkomstvegen må være 3 meter bred og ha en svingeradius på 7 meter. I Figur 23 er det skissert en adkomstveg (blå linjer) med svingradius på 7 meter målt fra senterlinjen av vegen. Det er tatt ut et terrengprofil for å undersøke om det er nødvendig å gå inn i foten av løsmasseskråningen dersom vegen har de skisserte målene. I profilet er det tatt utgangspunkt i at eksisterende terrengnivå ligger på omtrent kote 7. Basert på dette snittet med skissert vegplassering, forventes det at det kan etableres en adkomstveg uten å måtte gå inn i løsmasseskråningen. For å ivareta stabiliteten i løsmasseskråningen bør inngrep i foten av skråningen unngås.



Figur 23: Skissert adkomstveg rundt renseanlegget. Skissert veg har 3 m bredde og 7 m svingeradius fra senterlinjen. Grensesnittet mellom veg og løsmasseskråningen er utredet nærmere, og viser at det ikke blir nødvendig å gå inn i foten av løsmasseskråningen.

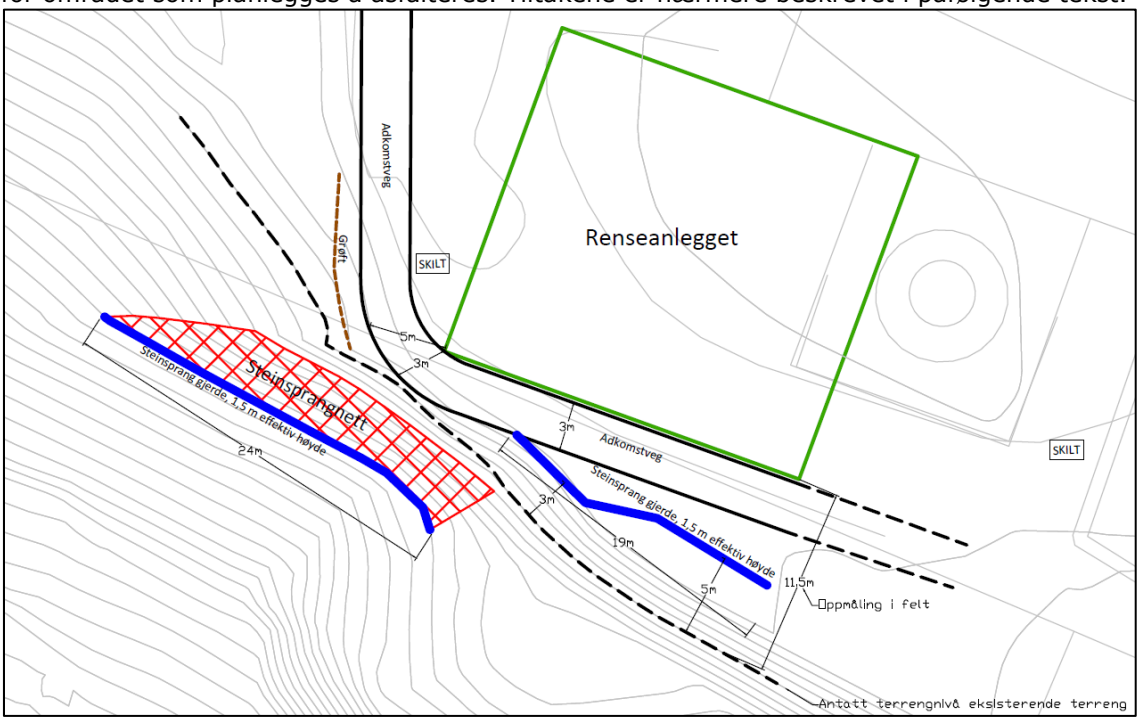
7. SKREDSIKRINGSTILTAK

Hensiktsmessig skredsikringstiltak vil avhenge av ønsket sikkerhetsnivå for uteområdet. I dette kapittelet gis en kort utredning av sikringstiltak som Rambøll anbefaler for å oppnå et sikkerhetsnivå som vil tilfredsstille kravet til sikkerhet for sikkerhetsklasse S1 gitt i plan- bygningsloven og tilhørende byggteknisk forskrift TEK 10. Et grovt kostnadsoverslag for anbefalte løsninger er gitt. Valg av løsning må endelig avgjøres av Longyearbyen Lokalstyre basert på en kost-nytte-analyse. Det påpekes at nøyaktig plassering av tiltakene må detaljprosjekteres og tilpasses riktig terrengmodell som tar hensyn til dagens terreng rundt renseanlegget og nødvendig oppfylling før asfaltering.

7.1. Anbefalte løsninger for uteområdet av eksisterende energiverk

Sikring mot steinsprang kan enten utføres på en slik måte at blokker ikke kan settes i bevegelse, eller på en slik måte at nedfall fanges og ledes slik at blokkene ikke kan medfører skade på personer, utstyr og bygg.

Figur 24 viser løsning av sikringstiltak som Rambøll anbefaler for å ivareta tilstrekkelig sikkerhet for området som planlegges å asfalteres. Tiltakene er nærmere beskrevet i påfølgende tekst.



Figur 24: Anbefalte sikringstiltak for å ivareta tilfredsstillende sikkerhet mot steinsprang i området som planlegges asfaltert.

Steinsprangnett og gjerde i vestre del av området

I vestre del av skjæringen bak renseanlegget, vil nødvendig bredde av adkomstvegen føre til at det ikke er plass til å etablere sikringstiltak på bakkenivå. I dette området anbefales det å sikre med steinsprangnett over det blokkige laget mellom kote 12 og 15, for å motvirke at blokker kan løsne. 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 10, da massene i dette laget forventes å være bedre egnet å forankre i en den blokkige bergmassen. Det anbefales at nettet monteres med omtrent 20-25 cm fra bergoverflaten, slik at det også vil fungere som isnett som motvirker nedfall av is.

På toppkant anbefales det at nettet avsluttes med en effektiv høyde på 1,5 m over bergoverfalten. 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 25 til kote 28. Simulerte energimengder tilsier at et enkelt gjerde av steinsprangnett vil ha tilstrekkelig kapasitet til å fange nedfall av de dimensjoner som anses som sannsynlig. Det er nødvendig med nett tett på bergoverflaten opp til omtrent kote 16, samt 1,5 m som gjerde. Gjerdet og nettet monteres slik at eventuelt nedfall kan ledes mellom nettet og bergoverflaten til bunnen av nettet. I bunnen monteres nettet slik at det enkelt kan tømmes. Tømming må utføres ved behov, slik at kapasiteten opprettholdes.

Montering av nett og gjerde forventes at kan utføres med lift.

Det anslås at det vil være behov for omtrent 230 m^2 steinsprangnett, som inkluderer nett som fungere som gjerde.

Steinspranggjerde i østre del av området
I østre del av området er det bedre avstand mellom skjæringen og renseanlegget, og hensiktsmessig løsning vil her være å etableres et sikringsgjerde på bakkenivå. Basert på simulerte energimengder, vil et enkelt gjerde være tilstrekkelig. Gjerdet kan bestå av samme type nett som benyttes som nett i det vestre området, samt fundamenteres med en kombinasjon av forankringsbolter og bolter som benyttes som stolper.

Gjerdet på bakkenivå og nettet i skjæringen må overlappe omtrent 2 meter. Vest for gropen i skjæringen må gjerde monteres 3 meter ut fra skjæringsfot. I området under gropen må avstanden ut fra skjæringsfot være 5 meter. Det påpekes at avstanden fra skjæringsfot må detaljprosjekteres basert på riktig høydenivå på asfaltområdet etter oppfylling. Øst for gropen er det vurdert at det ikke er nødvendig med sikringstiltak dersom bruken av området begrenses til adkomstvegen som skissert i Figur 24. Dersom det ønskes å benytte området nærmere skjæringen, må tiltak utføres for å ivareta sikkerhetsnivået.

Nedfall bak gjerdet må renskes ved behov.

Basert på simulerte fallbaner, anses 1,5 meter høyt gjerde som tilstrekkelig. Det anslås at det vil være behov for omtrent 20 m langt steinspranggjerde på bakkenivå.

Skilt
I tillegg til nevnte løsninger ovenfor, anbefales det at det settes opp skilt som tydelig viser at området bak renseanlegget er utsatt for steinsprang. Dette for å hindre «unødvendig» ferdsel i området.

Grøft ved løsmasseskråning
Det anbefales å etablere en grøft mellom vegen og skråningsfoten men det må unngås inngrep i foten av skråningen for dette formålet. Grøften vil samtidig fungere som fang- og ledegrøft av eventuelle mindre utglidninger av løsmasser fra skråningen. Grøften renskes etter behov for å sikkerstille at den fungerer over tid.

7.2. Vurdering av fundamenterings- og forankringsforhold

Forankringsdybden må ta hensyn til permafrostens tinedybde, og må ta hensyn til at det forventes klimaendringer som fører til økt tinedybde. Basert på litteraturstudie og erfaringer fra andre prosjekter på Svalbard, anslås det at tindedybden til permafrosten i det aktuelle området er ca 1,5 meter og forventes at kan bli opp til 3 meter på grunn av klimaendringer. Basert på dette er det ved innhenting av kostnadsoverslag tatt utgangspunkt i at nødvendig forankringsdybde er omtrent 4 meter.

I forbindelse med eventuell detaljprosjektering må permafrostens tinedybde måles nøyaktig.

7.3. Kostnadsoverslag for anbefalte løsninger

Det er undersøkt hvilket prisnivå som gjelder i dagens marked for den typen sikringstiltak som er anbefalt. Basert på et grovt kostnadsoverslag for de sikringsløsninger som er beskrevet i denne rapporten anslås en total kostnad på ca. 750 000 kr ± 20%. I estimert budsjett er det tatt hensyn for at arbeidet skal utføres på Svalbard. Detaljprosjektering og grunnundersøkelse er ikke inkludert i denne summen.

7.4. Vurdering av restrisiko ved anbefalte sikringstiltak

Anbefalte løsninger for skredsikring i kapittel 7.2 vil redusere risikoen for en skredhendelse med steinsprang og is. Dersom tiltak utføres som beskrevet, vurderes det at restrisikoen for nedfall er på et nivå som ville tilfredsstilt kravet til sikkerhet mot skred for tiltak av sikkerhetsklasse S1 i TEK 10. Det vil si at nominell årlig sannsynlighet for nedfall av de dimensjoner som er lagt til grunn ved dimensjonering av tiltakene vurderes å være lavere eller lik 1/100. Dette innebærer at området ville blitt godkjent til oppføring av eksempelvis lagerområde med lite personopphold.

Forslag til løsning av sikringstiltak er basert på planlagt bruk av området. Ved opphold tett under bergskjæringen i områder som ikke er sikret, vil det på generelt grunnlag anbefales bruk av hjelm for å minimere risikoen for personskade ved små utfall. I perioder med ekstrem vanntilførsel anbefales det å unngå opphold og bruk av området tett under bergskjæringen.

Dersom det ønskes å redusere restrisikoen ytterligere og/eller anbefalt løsning ikke frigir tilstrekkelig plass bak renseanlegget, må kraftigere sikringstiltak enn det som er beskrevet etableres. De tiltak som da er nødvendig vil være av en mye høyere prisklasse, og der derfor ikke utredet nærmere i forbindelse med dette oppdraget.

8. KOMMENTARER TIL DETALJPROSJEKTERING

I forbindelse med eventuell detaljprosjektering må følgende forhold avklares:

- Nøyaktig plassering av anbefalte tiltak må tilpasses riktig terrengmodell, der høydegrunnlaget inkluderer nødvendig oppfylling av området før asfaltering.

- Grunnforholdene må kartlegges for å undersøke dybden på det aktive laget og måle temperaturen i permafrosten. Det anbefales å installere termistor for å få nøyaktig stedlig informasjon om permafrosten, som er nødvendig for å kunne bestemme nødvendig forankringsdybde av installasjonene.

9. REFERANSER

Almaviva AS. (2016). *Skredsikring og fundamentering i permafrost.* Utarbeidet av Jan Otto Larsen. Dato 15.12.2016.

NGI. (2008). *Burmavegen. Vurdering av skredfare.* Rapportnumer 20081311-1. Dato 22. juli 2008. Utarbeidet av Steinar Bakkehøi. .

NGU. (2017). *Kartinnsyn*. Hentet 06 15, 2017 fra Permafrost - Svalbard: http://geo.ngu.no/kart/permafrost_svalbard_mobil/

NVE. (2016). *Rapport 91-2016 Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard.* Utarbeidet av Multiconsult. Rev 02 per 2016-12-12. Kontaktperson Jaran Wasrud. .

Rambøll. (2013). *G-rap-001 Skredfarevurdering Bykaia (Oppdragsnr. 6130319).* Utarbeidet av Marit Bratland Pedersen og Christiane Mogele 2013-05-28.

Rambøll. (2015). *G-rap-001 Skredfarevurdering Longyearbyen havn del II (Oppdragsnr. 1350005853).* Utarbeidet av Marit Bratland Pedersen , Fredrik Johannessen og Stein Heggstad 2015-05-26.

Statens vegvesen. (2014). *NA-rundskriv 2014/08 Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg.* Vegdirektoratet. Dato 08.05.2014 .

VEDLEGG 1

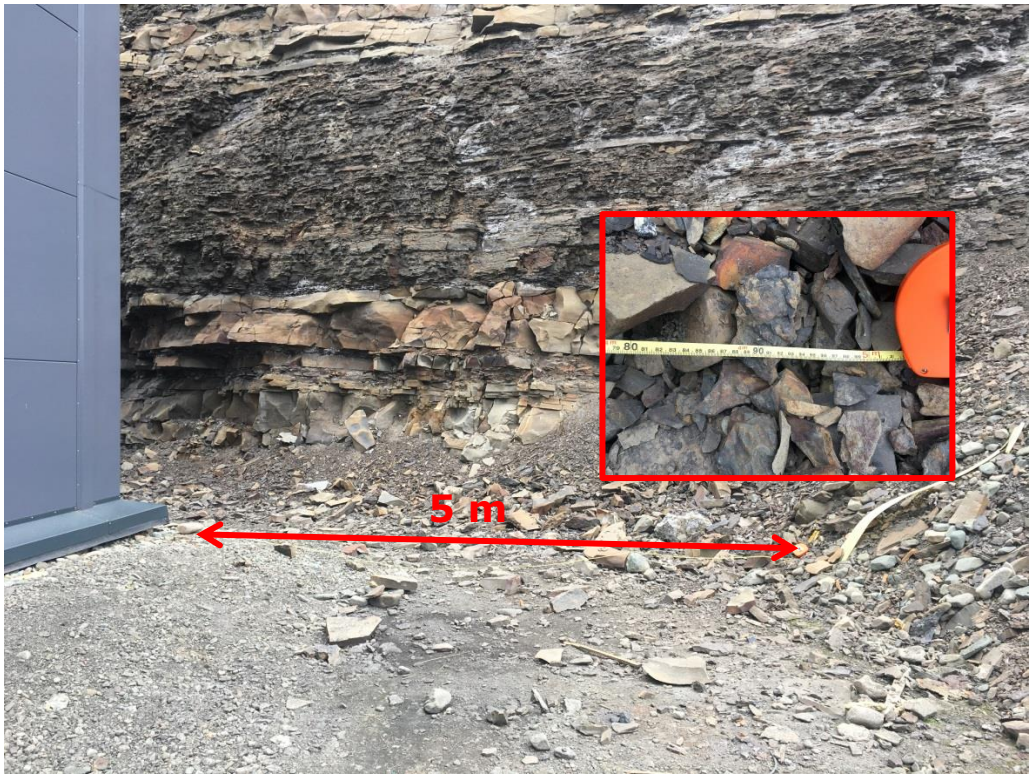
Oppdrag **1350022403**
Kunde **Longyearbyen Lokalstyre**
Notat nr. **G-rap-001**

Dato **2017-06-30**

SUPLERENDE AVSTANDSMÅLINGER BAK RENSEANLEGGET

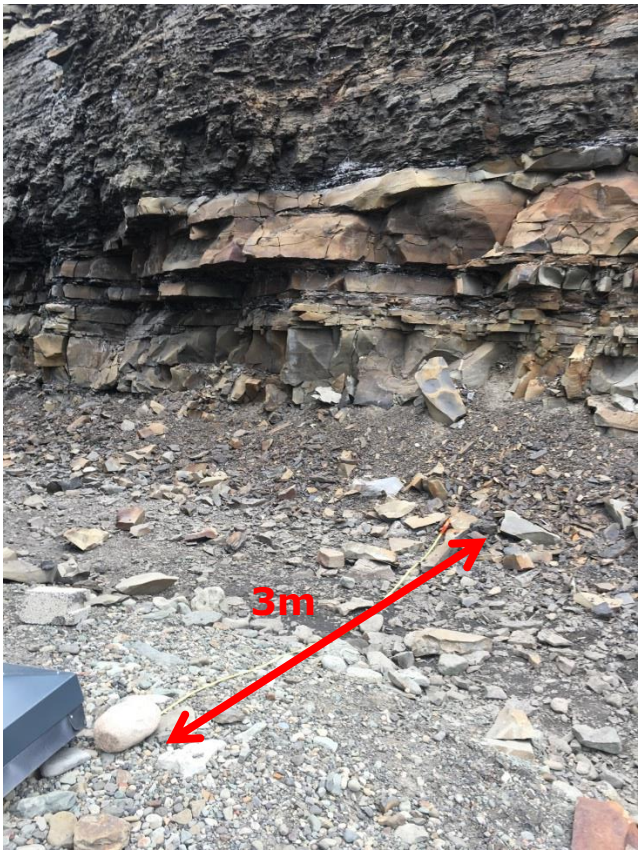
Tabell 1: Supplerende avstandsmålinger utført av Marit B. Pedersen 27.06.2017.

Bilde 1	Målbandet som vises på bilde 1 er strakt ut 5 m. Målbandet ligger i forlengelse av veggen til renseanlegget
Bilde 2	Målbandet er strakt ut 3 m, fra hjørnet av banketten.
Bilde 3 og 4	Målbandet er strakt ut 3 m, omtrent i forlengelse av vegg
Bilde 5 og 6	Kontrollmål i hjørnet ved pipa, viser 11,5 m til bergskjæ-ringen
Bilde 7	Bilde langs baksida av renseanlegget
Bilde 8	Mulig å kjøre ut med traktor andre vegen



Bilde 1

Bilde 2



Bilde 3

Bilde 4

Bilde 5

Bilde 6

Bilde 7

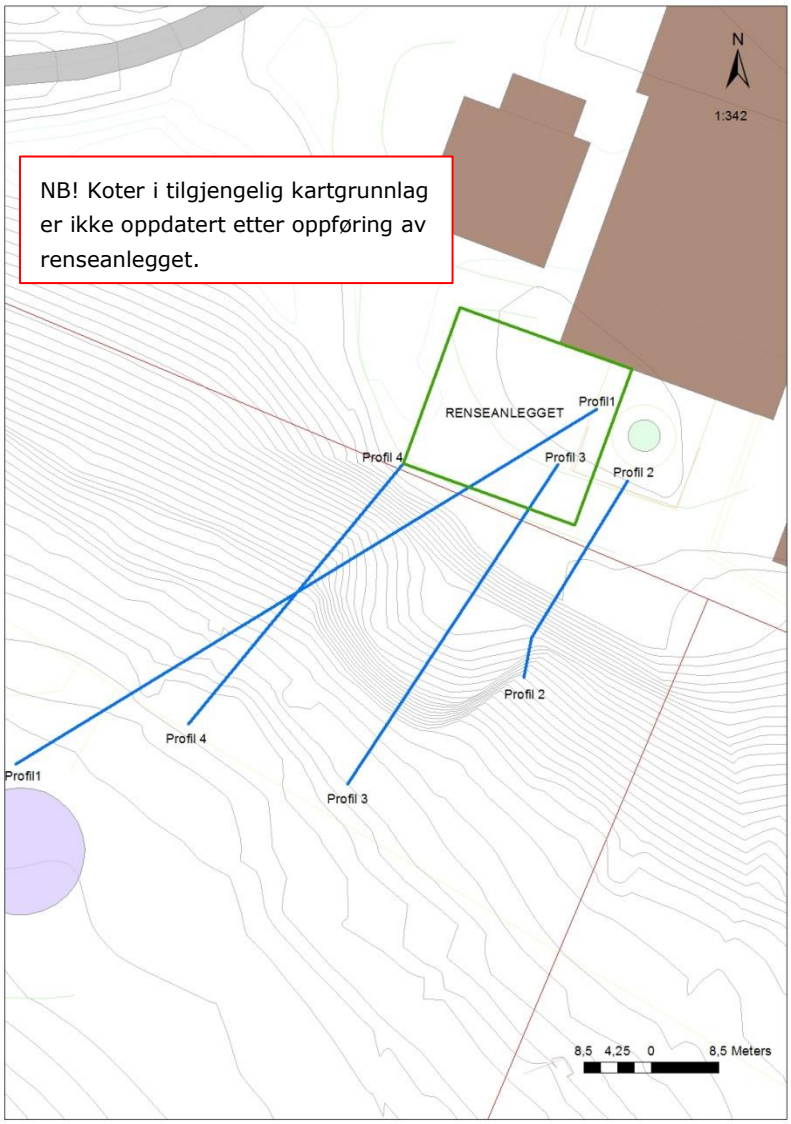
Bilde 8

VEDLEGG 2

Oppdrag **1350022403**
Kunde **Longyearbyen Lokalstyre**
Notat nr. **G-rap-001**

Dato **2017-06-30**

RESULTATER FRA STEINSPRANGSIMULERING I ROCFALL 4.0 (ROCSCIENCE)

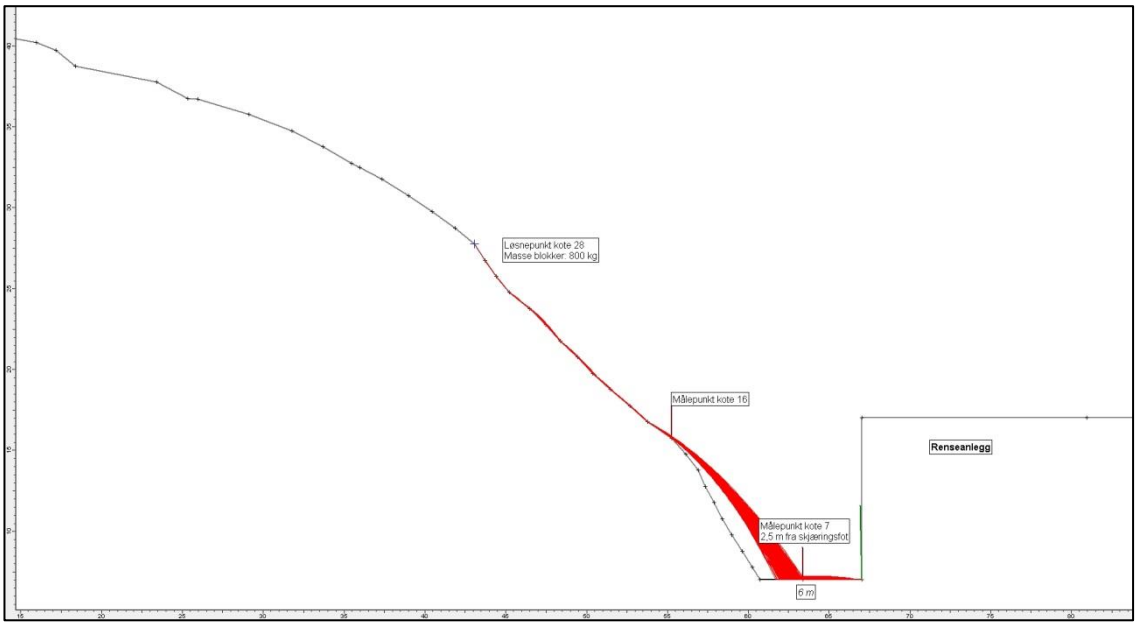


Figur 1: Blå linjer viser hvor det er tatt ut terrengprofil for simulering i RocFall. Terrengprofilene er generert fra en høydemodell basert på 1 meters koter. I felt ble det kartlagt at uteområdet rundt renseanlegget er oppfylt, noe som er korrigert for manuelt i terrengprofilene.

PROFIL 1 (eksisterende anlegg, oppfylt terreng)

Innstillinger	**Valgt verdig**
Materialer	Bart berg
Egenvekt bergmasse	2700 N/m^3
Masse blokk	800 kg
Løsnepunkt	14 moh. og 28 moh
Målepunkt energinivå	Nr.1:kote 16 Nr.2:2,5 m fra skjæringsfot, kote 7

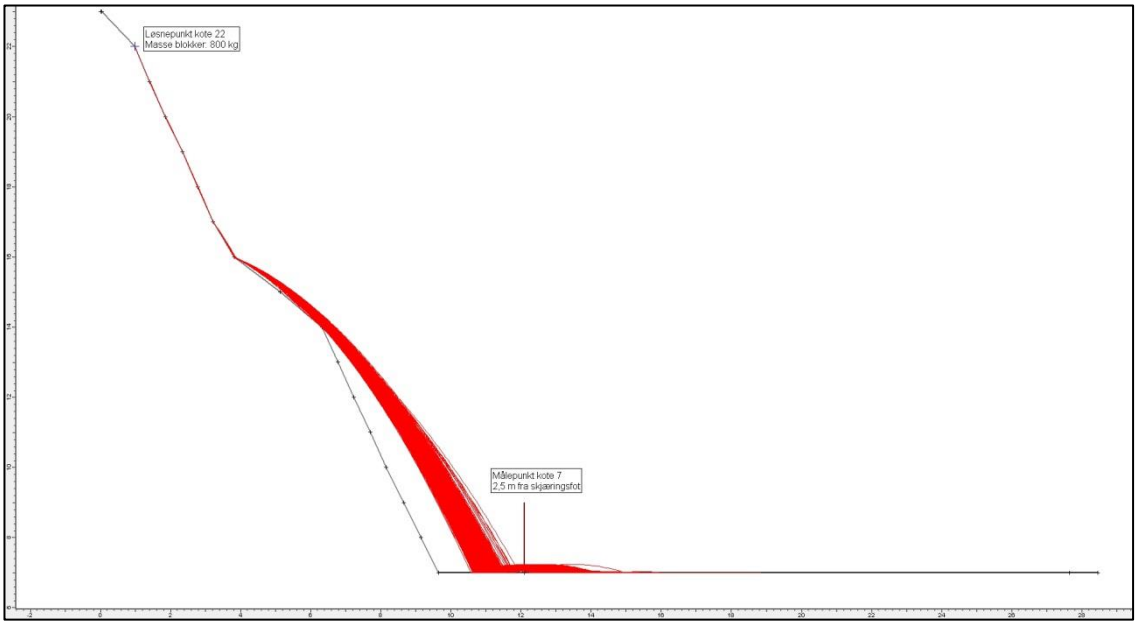
Resultater	Løsnepunkt kote 14	Løsnepunkt kote 28
Treffpunkt bakke	Skjæringsfot	1-2,5 fra skjæringsfot
Målt energi	Nr.1: - Nr.2: 3-25 kJ	Nr.1: 40-80 kJ Nr.2: 20-50 kJ



PROFIL 2 (eksisterende anlegg, oppfylt terreng)

Innstillinger	**Valgt verdi**
Materialer	Bart berg
Egenvekt bergmasse	2700 N/m^3
Masse blokk	800 kg
Løsnepunkt	Kote 13 og kote 22
Målepunkt energinivå	2,5 m fra skjæringsfot, kote 7

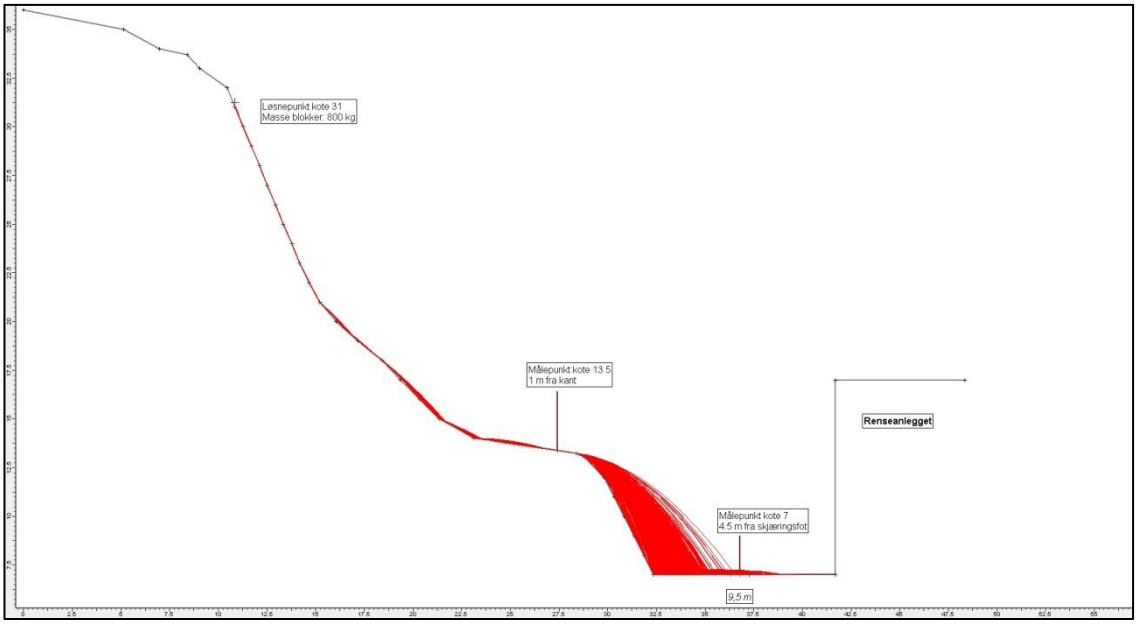
Resultater	Løsnepunkt kote 14	Løsnepunkt kote 22
Treffpunkt bakke	Skjæringsfot	1 – 2,5 m fra skjæ-ringsfot
Målt energi	2-15 kJ	15-28 kJ



PROFIL 3 (eksisterende anlegg, oppfylt terreng)

Innstillinger	**Valgt verdi**
Materialer	Bart berg. Ur i bunnen av grop
Egenvekt bergmasse	2700 N/m^3
Masse blokk	800 kg
Løsnepunkt	Kote 31 og kote 12
Målepunkt energinivå	Nr. 1:1 m fra kant grop, kote 13,5 Nr. 2: 4,5 m fra kjæringsfot, kote 7

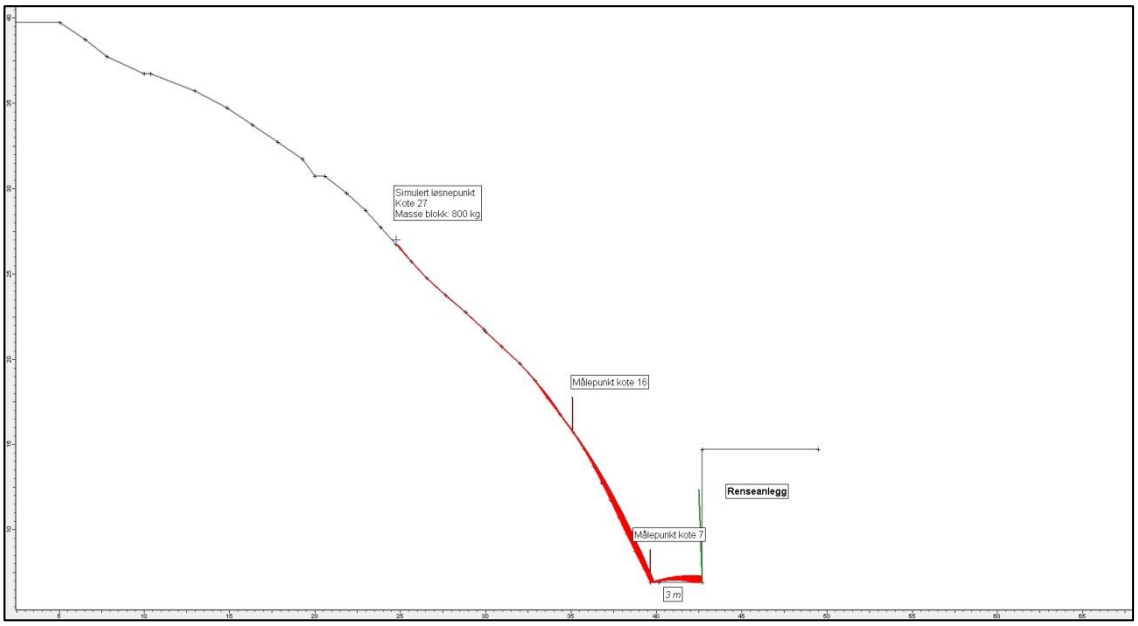
Resultater	Løsnepunkt kote 12	Løsnepunkt kote 31
Treffpunkt bakke	Skjæringsfot	0-4,5 m fra skjæ-ringsfot
Målt energi	Nr.1:- Nr.2:1-6 kJ	Nr.1:5-60kJ Nr.2:1-30 kJ

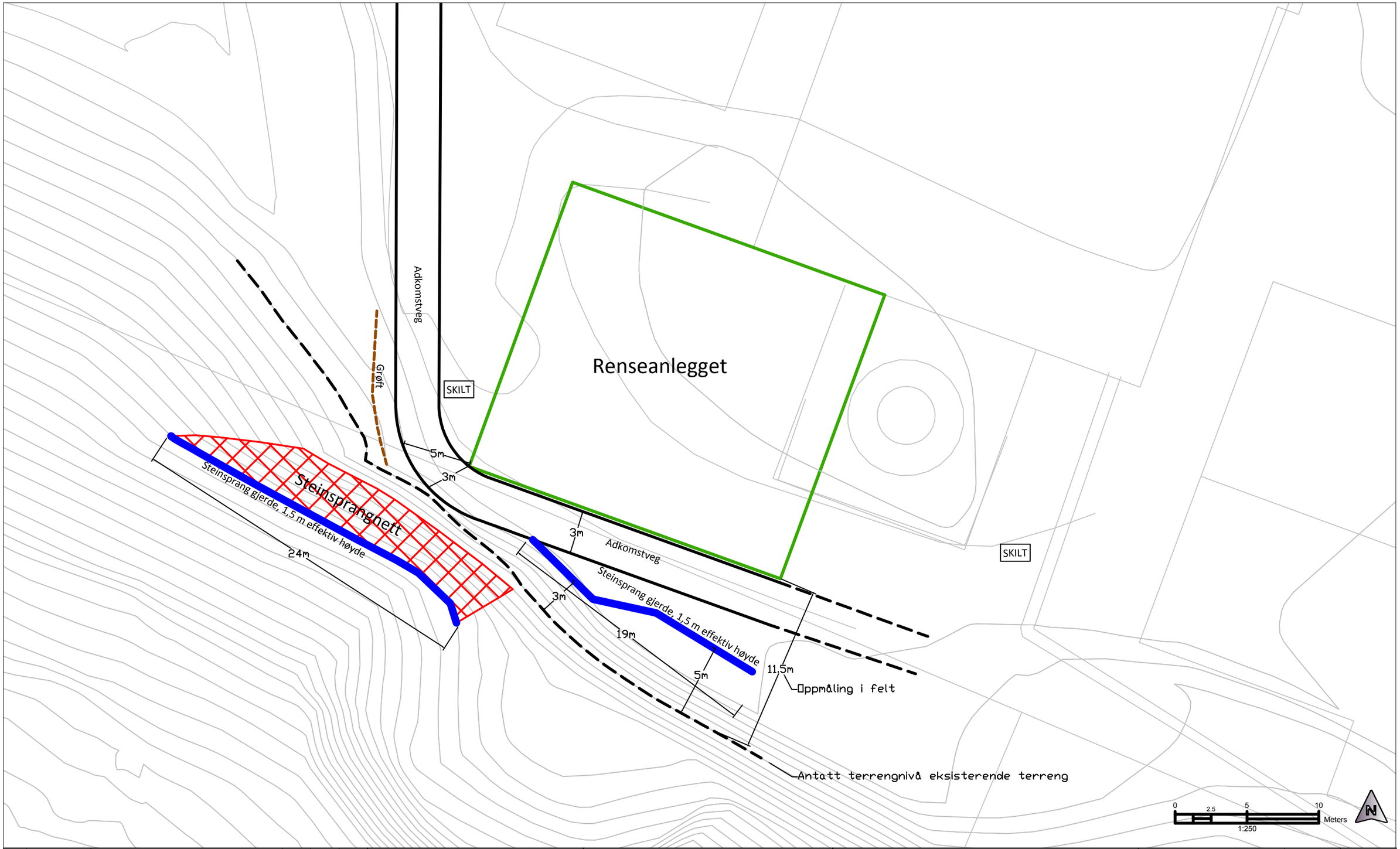


PROFIL 4 (Eksisterende anlegg, oppfylt terreng)

Innstillinger	**Valgt verdig**
Materialer	Bart berg
Egenvekt bergmasse	2700 N/m^3
Masse blokk	800 kg
Løsnepunkt	Kote 14 og kote 27
Målepunkt energinivå	Nr.1:Kote 16 Nr.2:Skjæringsfot (kote 7)

Resultater	Løsnepunkt kote 14	Løsnepunkt kote 27
Treffpunkt bakke	Foten av skjæring	Foten av skjæring
Målt energi	Nr.1: - Nr.2: 33-47 kJ	Nr.1: 40-70 kJ Nr.2: 90-140 kJ





REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
00	2017-06-30		ILIS	SDEKRS	MBPTRH

TEGNINGSSTATUS SKISSE

RAMBØLL
Rambøll AS - Region Midt-Norge
P.b. 9420 Sluppen
Mellomila 79, N-7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
www.ramboll.no

OPPDRAG
Asfaltering av uteområde for eksisterende anlegg

OPPDRAGSGIVER
Longyearbyen Lokalstyre

INNHOLD
Skredsikring Longyearbyen energiverk
Eksisterende anlegg
Anbefalte sikringstiltak

OPPDRAG NR.	BLAD NR.	AV
1350022403-001		

MÅLESTOKK OG FORMAT	TEGNING NR.	REV.
1:250 A3	001	0