

Andøya Spaceport AS

► Skredfarevurdering Børvågen

Teknisk infrastruktur/hovedanlegg

Forprosjekt

Oppdragsnr.: 5192255 Dokumentnr.: 110-2 Versjon: J01 Dato: 2019-08-23



Oppdragsgiver: Andøya Spaceport AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Henrik Strøm
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127-B, 7030 Trondheim
Oppdragsleder: Terje Hanssen
Fagansvarlig: Ingvar Tyssekvam
Andre nøkkelpersoner: Kristian Loftesnes, Martine L. Andresen

J01	2019-08-23	Skredfarevurdering, for bruk	M. L. Andresen	K. Loftesnes	T. Hanssen
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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

► Sammen drag

Norconsult AS er engasjert av Andøya Spaceport AS for å utføre et forprosjekt for etablering av ny rakettoppskytningsbase. Deler av planområdet ligger innenfor aktsomhetsområder for skred definert av NVE, noe som utløser krav til skredfarevurdering ved regulering av området. Skredfarevurderingen er utført i henhold til krav i plan- og bygningsloven med tilhørende byggt teknisk forskrift TEK17. Det er utarbeidet faresonekart for de aktuelle områdene.

Rakettoppskyttingsplattformen og et planlagt drivstofflager er omfattet av storulykkesforskriften. Byggverk omfattet av denne må plasseres på et område uten skredfare, og det er ikke tillatt å utføre sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred.

Fire ulike delområder hvor det planlegges tiltak er inkludert i vurderingen. Alle delområdene vurderes utsatt for skred, men sannsynlighet og utbredelse av faresonene varierer:

1 – Høydebasseng: Det er potensiale for skred fra fjellsiden. Snøskred vurderes som dimensjonerende skredtype i tillegg til at en ikke kan utelukke mindre jordskredhendelser. Faresone S2 som høydebassenget er vurdert å tilhøre dekker hele det vurderte området. Høydebassenget er planlagt nedgravd, og dette sammen med skredvoller/murer for planlagte luftetårn er en forutsetning for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred. Endelig utforming må vurderes i detalj i videre prosjekteringsfaser.

2 – Massetak: Et område nærmest fjellsiden vurderes utsatt for skred. Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype for store deler av området med unntak av to områder hvor snøskred vil kunne få lengst utløp. Det er ikke planlagt permanente byggverk innenfor faresonegrense S1-S3.

Planlagt drivstofflager omfattes av storulykkesforskriften. Det er derfor bestemt en faresonegrense for «1. ledds»-tiltak, og lageret må plasseres utenfor (vest for) denne. Her er det vurdert utløpslengder for ekstreme skredhendelser fra fjellsiden i tillegg til at det er gjort en vurdering av sannsynlighet for fjellskred, inkludert sekundærvirkning i form av flodbølge. Ut ifra foreliggende grunnlag er Norconsult sin vurdering at det per i dag ikke er avdekket forhold som gjør at fjellskred eller sekundærvirkning av slike (flodbølge) vil kunne påvirke anlegg plassert utenfor faresone for «1. ledds tiltak».

3 – Midlertidig deponi: Et område nærmest fjellsiden vurderes utsatt for skred. Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype for store deler av området med unntak av et mulig snøskredløp langs en renneformasjon i fjellsida.

4 – Kinnfjellet nord: En liten del av området vurderes utsatt for sjeldne skredhendelser. Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype. Ifølge foreliggende plan for plassering av bygg ligger disse utenfor faresonegrensene som er tegnet.

I anleggsperioden vurderes det generelt som akseptabelt å jobbe inn til faresonegrense for sikkerhetsklasse S1. En skal likevel være observant på at det vil være en viss restrisiko for skred, og dette må hensyntas ved planlegging og gjennomføring av arbeider for å minimere oppholdstid nærmest skråningsfot.

Det bør vises ekstra aktsomhet ved store nedbørmengder i form av både snø og regn.

► Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Gjeldende retningslinjer	7
1.3	Grunnlagsmateriale	8
1.4	Utførte undersøkelser	8
1.5	Aktsomhetskart for skred	8
1.6	Ustabile fjellparti	11
1.7	Forutsetninger for skredfarevurderingen	13
2	Grunnforhold og beskrivelse av området	14
2.1	Områdebeskrivelse	14
2.1.1	<i>Høydebasseng</i>	14
2.1.2	<i>Massetak</i>	14
2.1.3	<i>Midlertidig deponi</i>	15
2.1.4	<i>Kinnfjellet nord</i>	15
2.2	Helningskart	16
2.3	Berggrunn	17
2.4	Løsmasser	18
2.5	Registrerte historiske hendelser	19
2.6	Eksisterende skredfarevurderinger	20
3	Klima	21
4	Beregning av utløpslengder	23
4.1	α/β – modellen	23
4.1.1	<i>Beskrivelse av modellen</i>	23
4.1.2	<i>Beskrivelse av beregninger og resultater</i>	24
4.2	RocFall	25
4.2.1	<i>Beskrivelse av modellen</i>	25
4.2.2	<i>Inputparametere</i>	25
4.2.3	<i>Resultater</i>	26
5	Vurdering av skredfare	27
5.1	Høydebasseng (delområde 1)	27
5.1.1	<i>Snø- og sørpeskred</i>	27
5.1.2	<i>Jord- og flomskred</i>	27
5.1.3	<i>Steinsprang</i>	28
5.2	Massetak (delområde 2)	28
5.2.1	<i>Steinsprang</i>	28
5.2.2	<i>Snø- og sørpeskred</i>	28

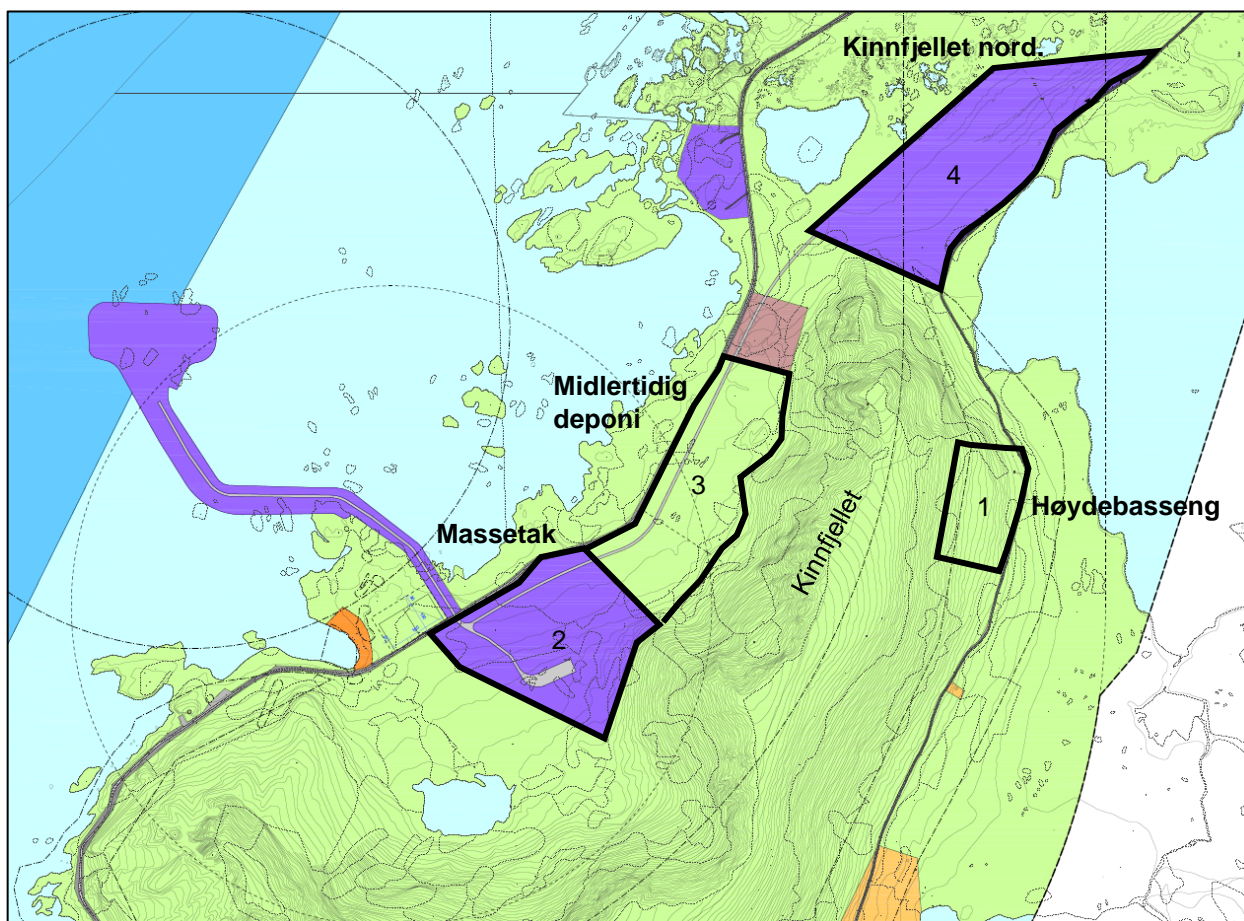
5.2.3	<i>Jord- og flomskred</i>	29
5.2.4	<i>Vurdering av skredfare etter «1. ledds tiltak»</i>	29
5.3	Midlertidig deponi (delområde 3)	30
5.3.1	<i>Steinsprang</i>	30
5.3.2	<i>Snø- og sørpeskred</i>	30
5.3.3	<i>Jord- og flomskred</i>	30
5.4	Kinnfjellet nord (delområde 4)	31
5.4.1	<i>Steinsprang</i>	31
5.4.2	<i>Snø- og sørpeskred</i>	31
5.4.3	<i>Jord- og flomskred</i>	31
6	Faresonekart	33
7	Vurdering av aktuelle sikringstiltak	34
7.1	Høydebasseng	34
7.2	Massetak	34
7.2.1	<i>«1. leddstiltak»</i>	34
7.3	Midlertidig deponi	34
7.4	Kinnfjellet nord	34
8	Referanser	35
Vedlegg		
	Vedlegg 1: Faresonekart (tegning G10-00-01-A)	36
	Vedlegg 2: Faresonekart for område for 1. ledds tiltak (tegning G10-00-02-A)	36

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Norconsult AS er engasjert av Andøya Spaceport AS i forbindelse med forprosjekt for etablering av ny spaceport ved Børvågen på Andøya. Prosjektet omfatter utfylling i sjø for etablering av oppskytingsplattform, tilhørende uttak av storstein til fylling, infrastruktur og bygningsmasse, samt et høydebasseng for vannforsyning til deler av anlegget. Deler av planområdet ligger innenfor aktsomhetsområder for skred, definert av NVE, noe som utløser krav til skredfarevurdering iht. TEK17.

Denne skredfarevurderingen omfatter fire delområder: område for høydebasseng (1), massetak (2), midlertidig deponi (3) og et område i nord (4) hvor det skal etableres administrasjonsbygg. Områdene er markert i Figur 1. Massetaket skal etableres for uttak av storstein til fylling i sjø for etablering av adkomstvei og plattform for rakettoppskyting, det skal tas ut omkring 2 millioner m³ stein. Høydebassenget skal etableres for å sikre vannforsyning til området, dette planlegges anlagt ved to nedgravde tanker. I område 4 nord for Kinnfjellet skal det plasseres administrasjonsbygg. Disse skal ha sikt ut til oppskytingsplattformen, og må derfor plasseres et stykke ut fra fjellsiden.



Figur 1: Oversiktskart over området. De aktuelle områdene for skredfarevurderingen er markert med sorte omriss i kartet.

Skredfarevurderingen er utført i henhold til krav i plan- og bygningsloven med tilhørende byggeteknisk forskrift (TEK17).

1.2 Gjeldende retningslinjer

Krav til sikkerhet som skal legges til grunn ved regulering og byggesak er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggeteknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

NVE sine retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner» beskriver hvordan skredfare bør utredes og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan brukes til å identifisere skredfareområder (NVE, 2014a). Til retningslinjene er veilederen «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak» tilknyttet. Denne gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivå etter PBL (NVE, 2014b).

I henhold til TEK 17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at krav til nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1.

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

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder

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

Deler av byggverkene som planlegges ved Børvågen omfattes av storulykkeforskriften og første ledd av TEK17 §7-3 «Sikkerhet mot skred», heretter omtalt som «1.ledd tiltak». Byggverk omfattet av storulykkeforskriften skal ikke plasseres i skredfarlig område. Dette medfører at det ikke er tillatt med sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred. Herunder gjelder også sekundærvirkninger av skred, eksempelvis fjellskred med påfølgende flodbølge. Det planlegges et lager for brensel/drivstoff til raketter samt en rakettoppskytingsplattform på fylling i sjø som i dette tilfellet er omrammet av storulykkeforskriften. Drivstofflageret skal plasseres i samme område som massetaket, men planlegges etablert dels under jord. Varig endring og bearbeiding av terreng er i henhold til praksis i NVE sett på som et permanent tiltak og dermed ikke et sikringstiltak. Dette forutsetter at bearbeidelsen og endring ikke medfører en restrisiko eller et behov for vedlikehold.

Planlagt høydebasseng vurderes å tilhøre sikkerhetsklasse S2. Arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg maksimum 25 personer vil tilhøre sikkerhetsklasse S2. Ved større personopphold enn dette vil tiltaket havne i klasse S3.

1.3 Grunnlagsmateriale

Følgende grunnlagsmateriale er benyttet i utarbeidelsen av denne rapporten:

- Topografiske kart hentet fra www.norgeskart.no.
- Flybilder fra www.norgebilder.no
- Berggrunn- og løsmassekart fra Norges geologiske undersøkelse (NGU, 2019a).
- Aktsomhetskart for snøskred, jord- og flomskred og steinsprang (NVE, 2019).
- Oversikt over historiske skredhendelser (NVE, 2019) og Statens vegvesen vegkart (Statens vegvesen, 2019).
- Fjellskredatabase og INSAR-kart fra NGU (NGU, 2019c)
- Helningskart fra Norges geotekniske institutt (NGI, 2019).
- «Flaum og skredfare i arealplanar», retningslinjer nr. 2/2011 med vedlegg (NVE, 2014a).
- «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak» (NVE, 2014b).

1.4 Utførte undersøkelser

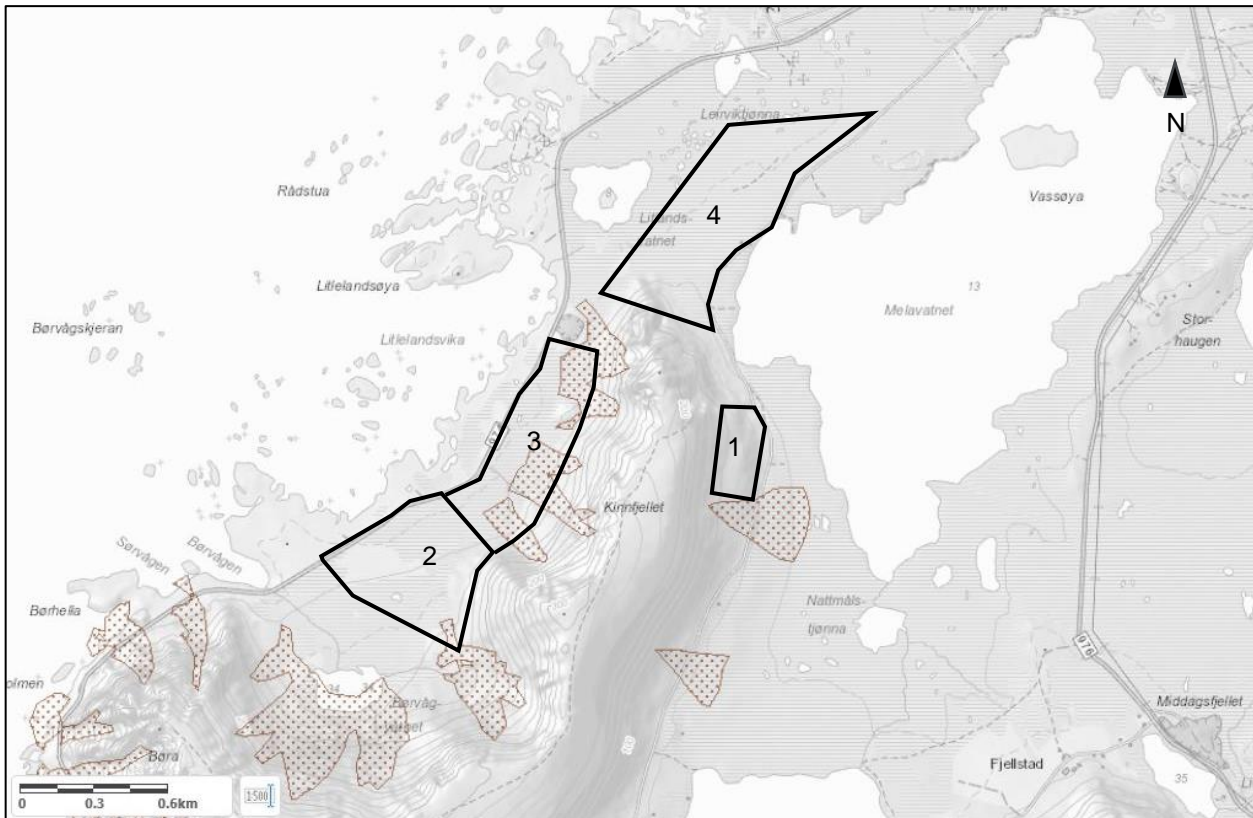
Feltkartlegging ble utført av ingeniørgeologene Kristian Loftesnes og Martine L. Andresen 26. og 27. juni 2019. Området ble befart til fots. Det ble utført registrering av potensielle løснеområder for steinsprang og snøskred, samt utløpsområder ble vurdert. Videre ble potensialet for jord- og flomskred vurdert.

Emely Helland fra VA deltok på deler av befaringsens første dag. Plassering av høydebasseng ble diskutert og vurdert ut ifra begge fags interesser.

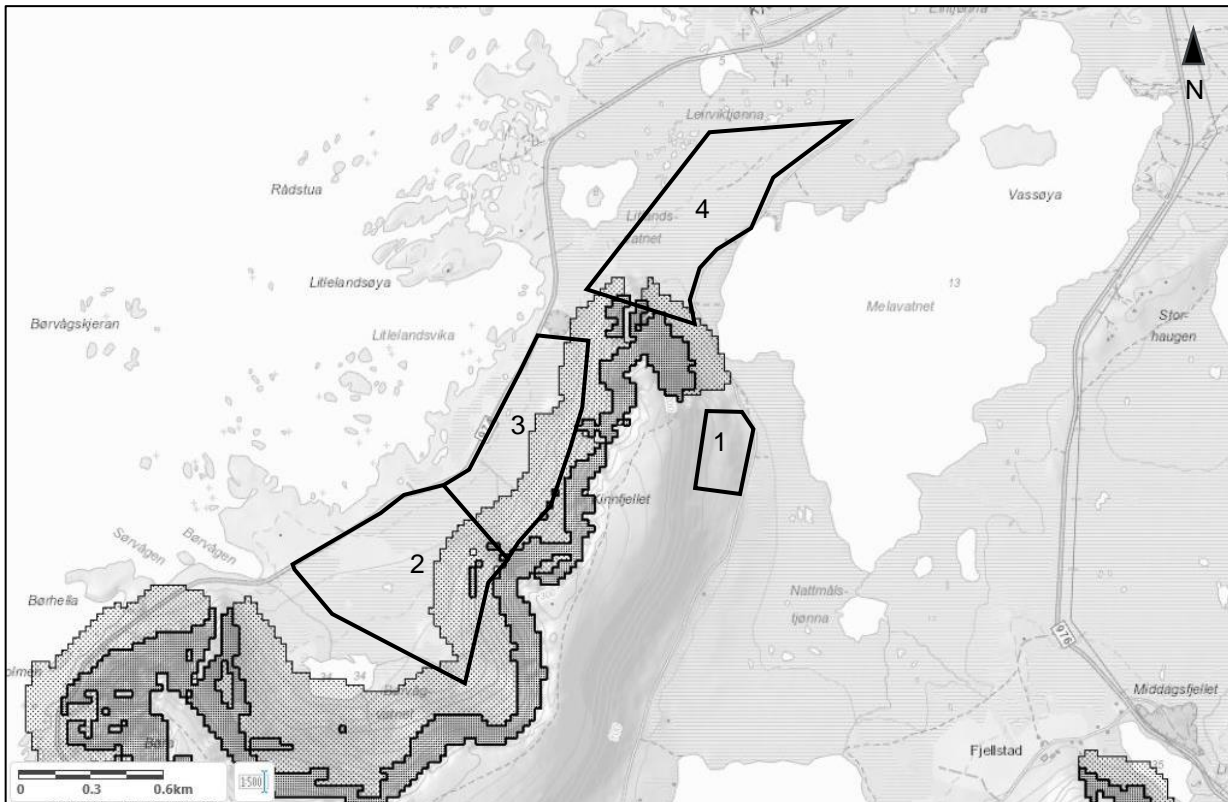
1.5 Aktsomhetskart for skred

Deler av planområdet er definert innenfor NVEs aktsomhetsområder for skred (NVE, NVE Atlas, 2019). Det foreligger aktsomhetskart for snøskred og steinsprang utarbeidet av NGI for det aktuelle området, i henhold til retningslinjer fra NVE kan disse kartene benyttes istedenfor aktsomhetskart utarbeidet av NVE i de aktuelle områdene (NVE, 2014a).

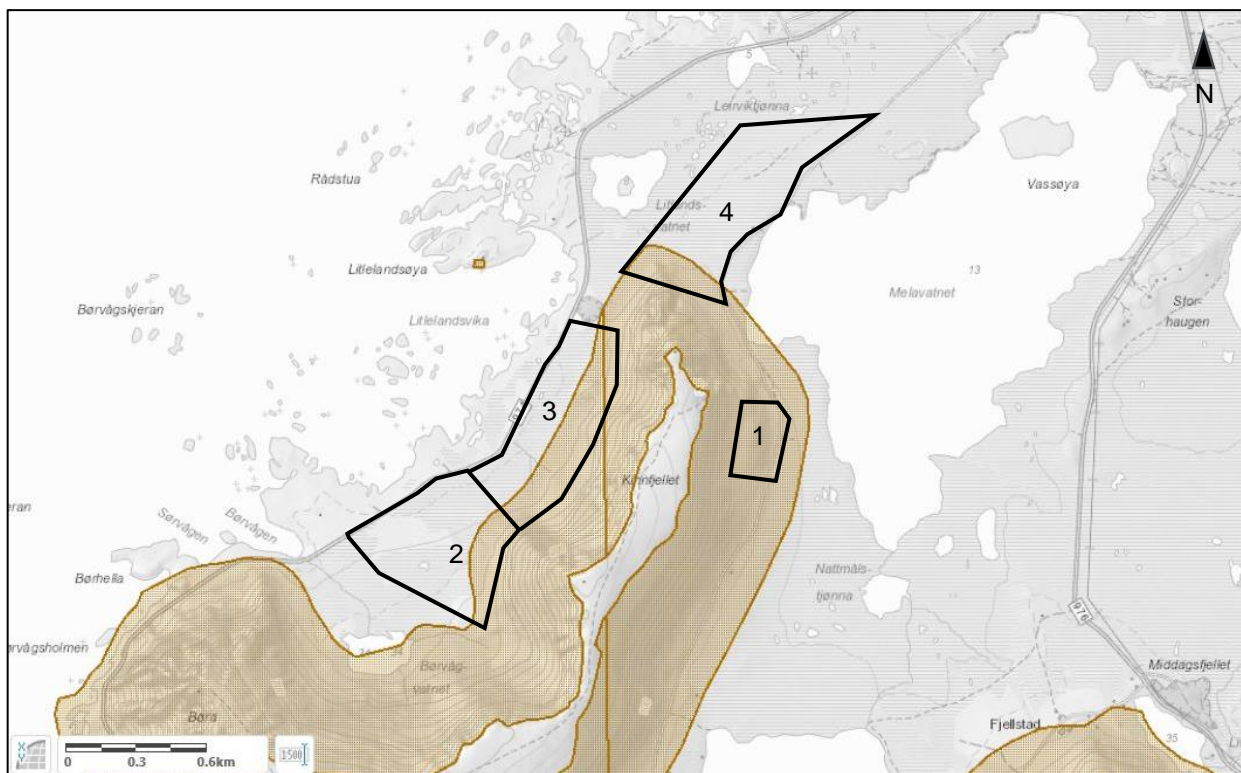
Alle de fire vurderte områdene ligger delvis innenfor aktsomhetsområder for snøskred og steinsprang, utarbeidet av NGI (Figur 4). Det er definert aktsomhetsområder for jord- og flomskred for område 2 (massetak) og område 3 (midlertidig deponi), se Figur 2. Videre er det definert aktsomhetsområde for steinsprang innenfor område 2, 3 og 4 (Figur 3).



Figur 2: Aktsomhetskart for jord- og flomskred (NVE, NVE Atlas, 2019). Vurderte områder er vist med sorte omriss.



Figur 3: Aktsomhetskart for steinsprang (NVE, NVE Atlas, 2019). Vurderte områder er vist med sorte omriss.



Figur 4: Aktsomhetskart for steinsprang og snøskred utarbeidet av NGI (NVE, NVE Atlas, 2019). Vurderte områder er vist med sorte omriss.

1.6 Ustabile fjellparti

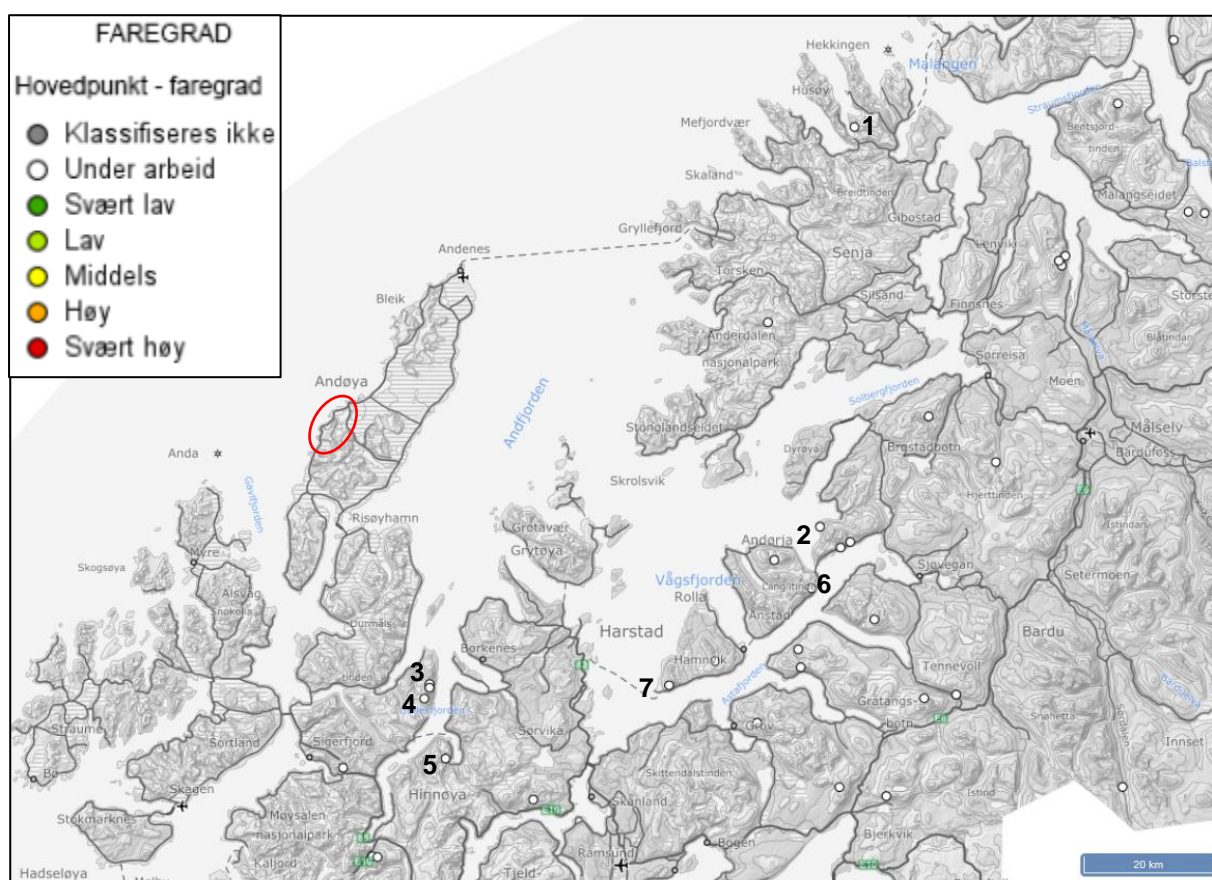
I henhold til TEK 17 skal fare for fjellskred og sekundær virkning i form av flodbølge vurderes for virksomhet omfattet av storulykkeforskriften. Større ustabile fjellpartier kan generere store skredhendelser med lang rekkevidde. Dersom de treffer vann kan en få dannet flodbølger som kan ha stor skadeeffekt. Det er i NGUs database ikke registrert ustabile fjellpartier på Andøya (Figur 5). Det finnes noen objekter på øyene nærmest Andøya, som kan være av interesse for vurderingen i forhold til potensialet for kollaps og generering av flodbølge:

1. Grytetippen – Senja.
2. Tomasfjellet – Dyrøy
3. Skjelltinden 1 og 2 – Hinnøya
4. Storåstinden – Hinnøya
5. Reinfjellet – Hinnøya
6. Reintinden – Andørja
7. Brustinden – Rolla

I den nasjonale databasen for ustabile fjellparti er disse kategorisert som 'under arbeid', som betyr at fare-, konsekvens- og risikoanalyse ikke er ferdigstilt og publisert.

Norconsult har derfor etterspurt informasjon fra NGU om de fem øverste objektene på listen over, i tillegg ble det i mottatt svar nevnt to objekter til (6. og 7.). Informasjon om objektene i området er mottatt fra lag for geofarere og jordobservasjon ved Norges geologiske undersøkelse (NGU, 2019b):

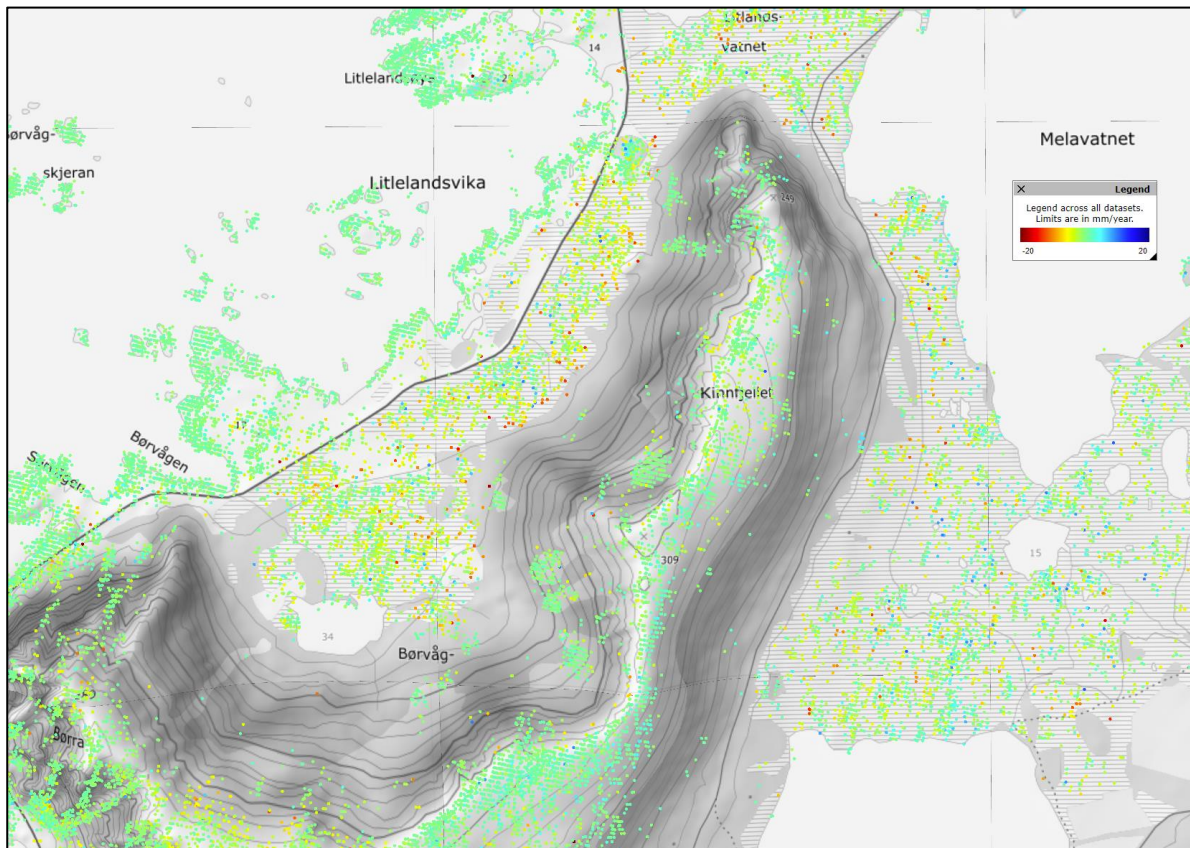
«Objektene du nevner har alle blitt rekognosert, men det har ikke blitt utført mer arbeid, ingen volumestimat eller flodbølgemodellering. På Rein fjellet (4) og Skjelltindene (3) er det utført bevegelsesmålinger med GPS. De viste ingen store bevegelser. Alle som er på din liste er ganske lavt prioritert på grunn av sannsynligvis lav faregrad eller få konsekvenser. Dette er da bare basert på en raskt subjektiv evaluering. Det har ikke blitt utført en ordentlig risikovurdering. På Rolla (Brustinden) og på Andørja (Reintinden) ligger det objekter med høyere faregrad, men de er da ganske langt unna Andøya.»



Figur 5: Utsnitt fra NGU sin database over ustabile fjellparti. Det aktuelle området på Andøya er markert med rød sirkel (NGU, 2019c).

Det er fra NGU opplyst det i forbindelse med fjellskredprosjektet i Troms ikke er gjort en systematisk gjennomgang av InSAR data eller nye, detaljerte høydemodeller med hensyn på fjellskred. Nordland er ikke en del av NGU sitt fjellskredprosjekt, og det er dermed ingen systematisk registrering av ustabile fjellpartier i fylket. For de 7 objektene har vi som et supplement til uttalelsene fra NGU sjekket NGUs InSAR-kart som er et nytt verktøy som indikerer forflytning av terrengoverflaten ved hjelp av satellittmålinger. InSAR-kart viser ingen store bevegelser i større områder i noen av objektene.

Figur 6 viser utsnitt av InSAR-kart fra NGU over det aktuelle området. Det er begrenset med datapunkter i fjellsiden ovenfor tiltaket som er omfattet av storulykkeforskriften, men ut fra målingene som finnes er det ikke indikasjoner på at større deler av fjellsiden er i bevegelse.



Figur 6: Utsnitt fra NGU sitt InSAR-kart. Selv om det er begrenset med datapunkter er det ikke detektert større deformasjoner i området ved Kinnfjellet (NGU, 2019c).

1.7 Forutsetninger for skredfarevurderingen

I henhold til NVE sine retningslinjer vurderes skredfaren ut ifra dagens situasjon med hensyn til terreng, vegetasjon, bebyggelse, infrastruktur, sikringstiltak osv.

2 Grunnforhold og beskrivelse av området

2.1 Områdebeskrivelse

De fire aktuelle områdene for skredfarevurderingen ligger i nedkant av Kinnfjellet. Det planlagte massetaket ligger vest for fjellet, administrasjonsbygg planlegges plassert nord for fjellet mens høydebassenget planlegges plassert langs østsiden av fjellet (Figur 1).

2.1.1 Høydebasseng

Området hvor høydebassenget skal plasseres består av vegetasjonsdekt, slak skråning, der terrenget er slakt (under 25°). Opp mot toppen av fjellsiden finnes noen brattere partier uten skog, og mindre områder med blokker/mindre urmasser. Terrenghelningen er her opp mot 45° (Figur 10).



Figur 7: Oversiktsbilde som viser østsiden av Kinnfjellet der høydebassenget planlegges plassert. Bassenget skal etableres i skogen omtrent midt i bildet. Øvre del av fjellsiden har stedvis lite skog og utgjør potensielle løsneområder for snøskred.

2.1.2 Massetak

Vestsiden av Kinnfjellet består av bratte skråninger med berghamre og enkelte renneformasjoner. Det ligger en del urmasser i nedkant av berghamrene med varierende utstrekning og grovhet. Deler av skråningene er vegetasjonsdekt i form av stedvis tett løvskog. Nedenfor skråningen flater terrenget ut i myr ned mot vegen.



Figur 8: Deler av skråningen og berghamrene i terreng ovenfor planlagt massetak.

2.1.3 Midlertidig deponi

Dette området ligger nord for massetaket og fjellsiden ovenfor domineres av samme type terreng som området ovenfor planlagt masseuttak. Bratte berghamre i øvre del av skråningen og urmasser og løvskog i nedre del før terrenget flater ut i myr. Det finnes enkelte ryggformasjoner og renner i området som vil kunne være av betydning for dannelse og utløpslengder av eventuelle skred.

2.1.4 Kinnfjellet nord

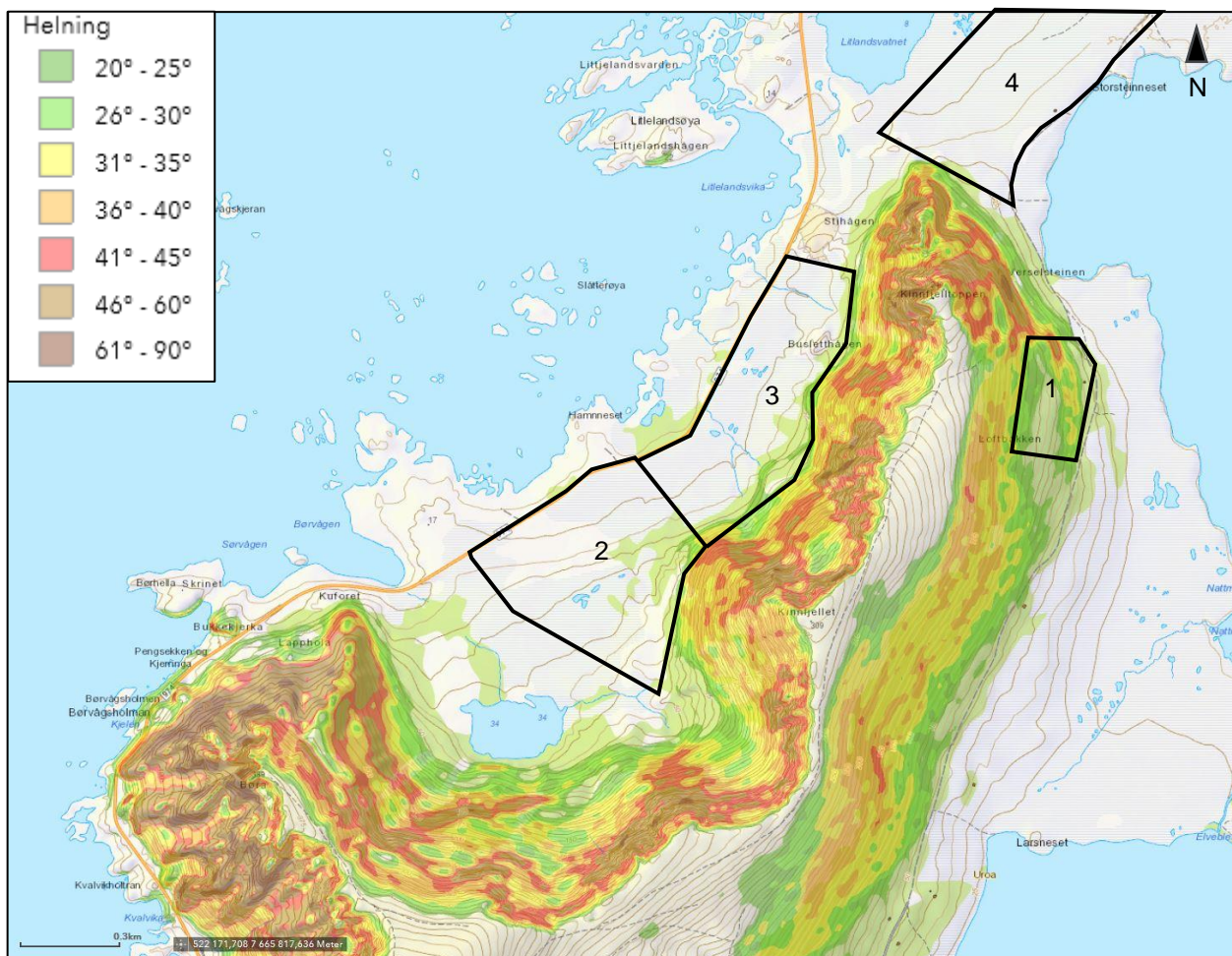
Nordsiden av Kinnfjellet består av et markert «nes» med bratte berghamre og ur i bratt skråning ned mot flat myr. Berghamrene har lavere høyde enn langs vestsiden av fjellet. Mellom myra og berghamrene finnes stedvis tett løvskog. Det går et markert skard opp mellom to berghamre (Figur 9).



Figur 9: Bilde som viser deler av nordsiden av Kinnfjellet. Skard som strekker seg opp mot toppen er markert med blått.

2.2 Helningskart

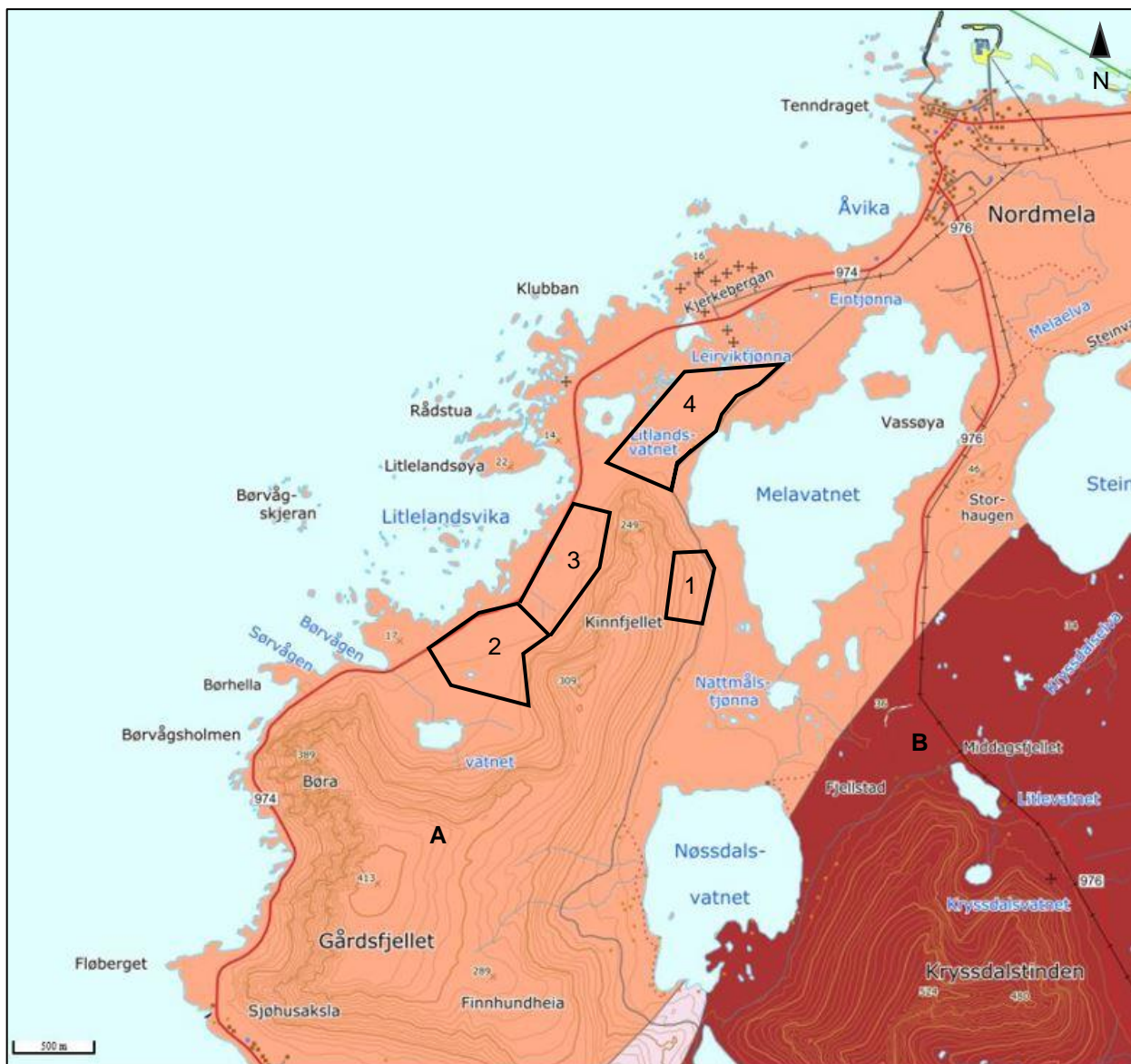
Helningskart over området viser at terrenget ovenfor planlagt massetak stiger jevnt oppover mot toppen av Kinnfjellet, og er stedvis svært bratt (opp mot 90°). På nordsiden av fjellet er terrenget svært bratt, med noe slakere helning i terrenget mot øst. På østsiden av Kinnfjellet er terrenget opp mot 45° i øvre del av fjellsiden og under 25° i området der høydebassenget skal plasseres (Figur 10).



Figur 10: Helningskart over området (NGI, 2019). Vurderte områder er markert med sorte omriss.

2.3 Berggrunn

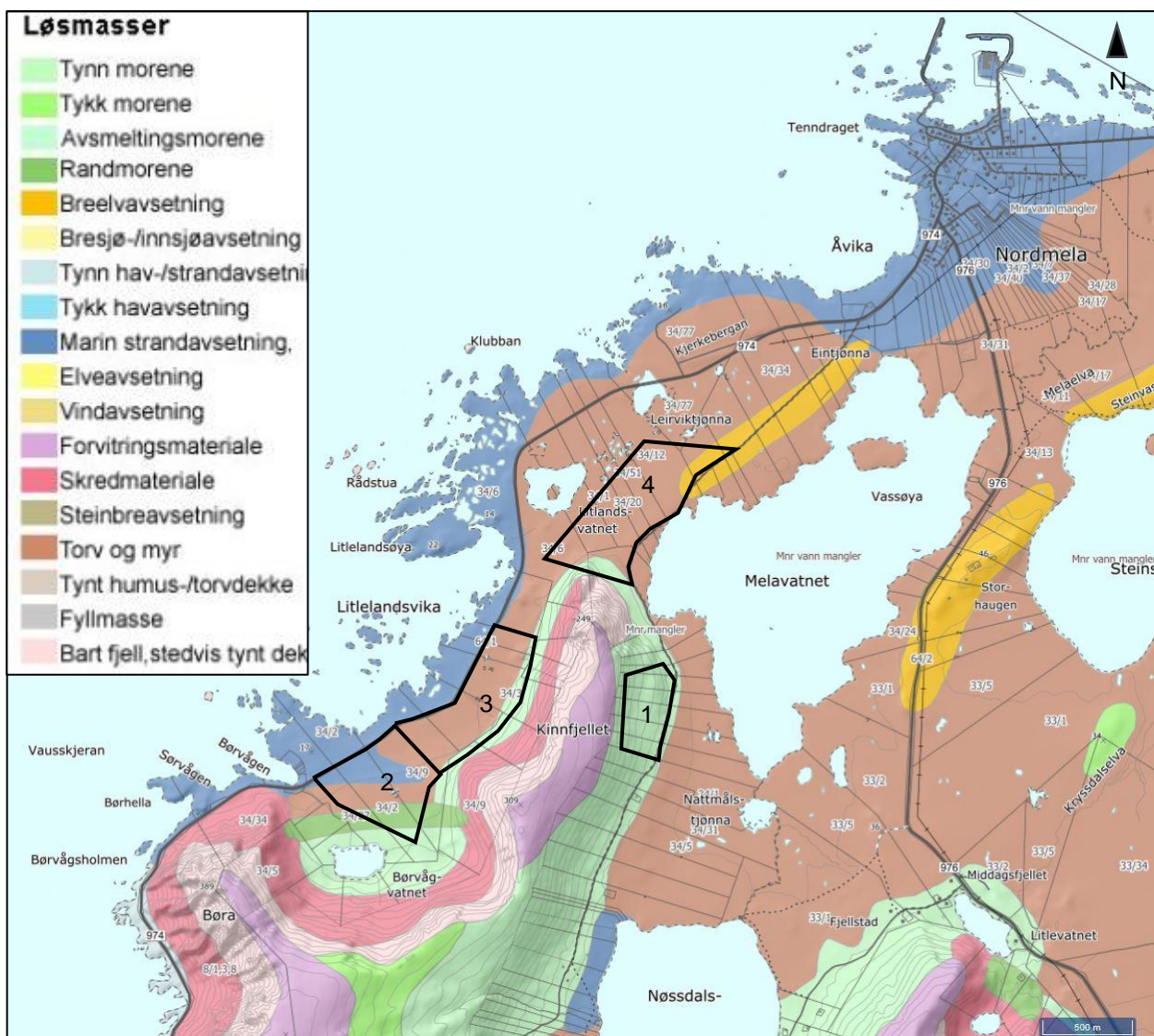
Berggrunnskart fra NGU viser at berggrunnen i planområdet består av en gneis (merket med A i Figur 11). Den er beskrevet å være lys grå med lys feltspat, biotitt og hornblende, det kan forekomme inneslutninger av kvartsitt.



Figur 11: Berggrunnskart fra NGU (NGU, Berggrunn- og løsmassekart, 2019a). De vurderte områdene er markert med sorte omriss.

2.4 Løsmasser

Løsmassekart fra NGU viser at området består av flere løsmassetyper, og at disse ligger som bånd fra sjøkanten og opp mot toppen av Kinnfjellet. De flate områdene består hovedsakelig av myr og marin strandavsetning, mens de brattere skråningene har morenemateriale og skredmateriale. Mot nord finnes noe breelvavsetning. På østsiden av Kinnfjellet finnes hovedsakelig tynn morene, med noe forvitningsmateriale opp mot toppen (Figur 12).



2.5 Registrerte historiske hendelser

Det er ikke registrert historiske skredhendelser i planområdet, men det er registrert hendelser sør for område 2, massetak og område 1, høydebasseng (NVE, 2019) og (Statens vegvesen, 2019). Langs fv. 974, sør for område 1, er det registrert tre steinsprang med utløp på veg samt et løsmasseskred med utløp over veg. Den nærmeste hendelsen ligger omtrent en kilometer sør for planområdet. På østsida av Kinnfjellet, litt over 1 kilometer sør for område 1, høydebasseng, er det registrert to snøskredhendelser hvor menneskeliv har gått tapt.

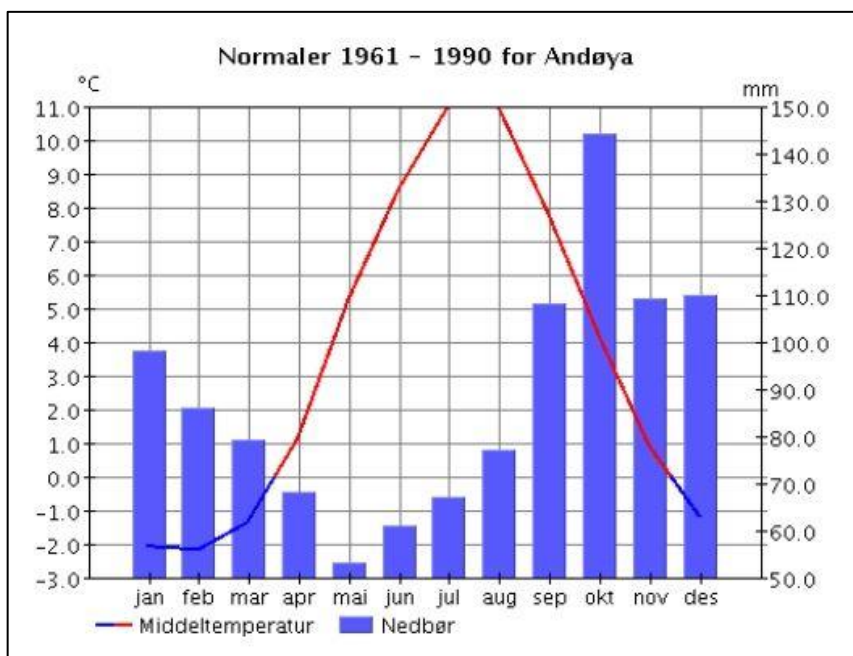
2.6 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult er ikke kjent med at det er utført skredfarevurdering i det aktuelle området tidligere.

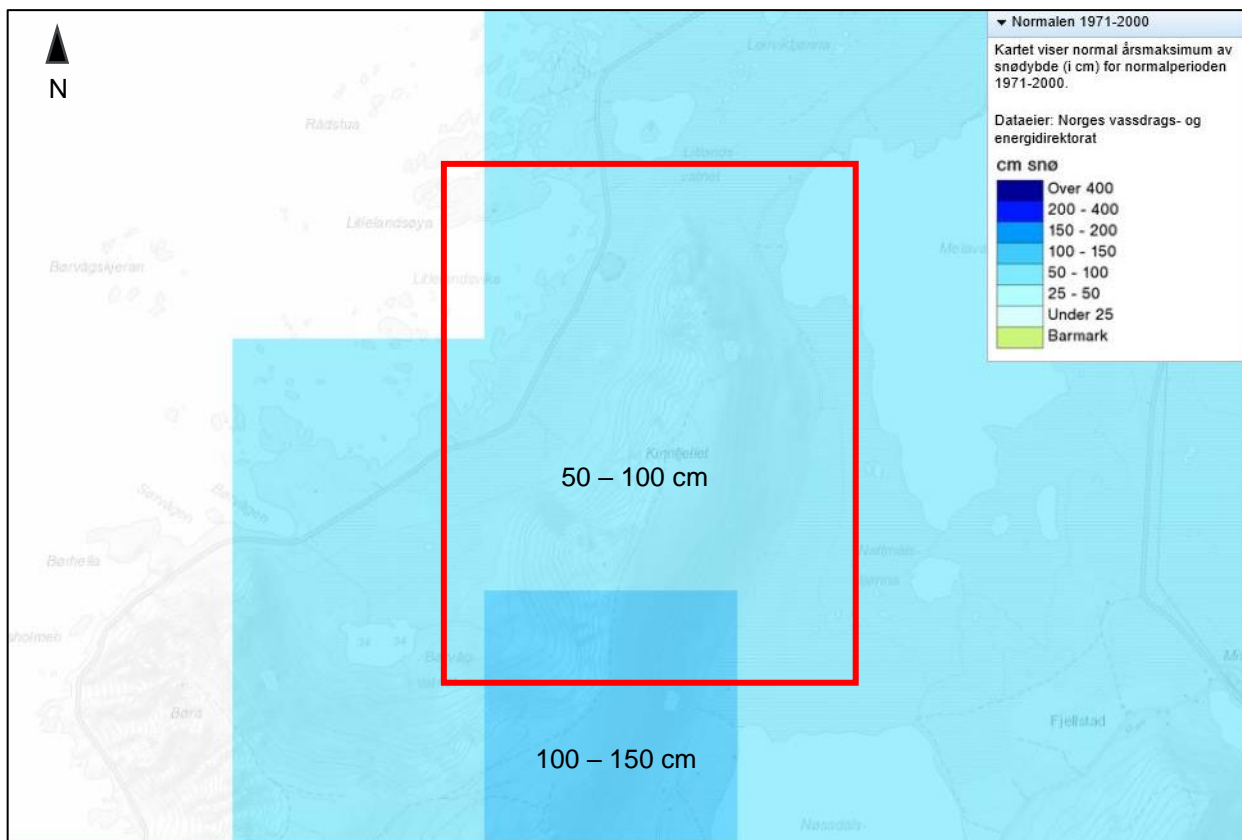
3 Klima

Det er innhentet enkle klimadata for å vurdere hvilke klimatiske forhold som kan forventes i området. Dette er særlig med tanke på å kartlegge faktorer som kan påvirke faren for snøskred. Data er hentet fra Meteorologisk institutt sin vær- og klimadatabase «eklima» (Meteorologisk institutt, 2019) og www.senorge.no (Kartverket, 2019). Nærmeste værstasjon for det aktuelle området er Andøya målestasjon (stasjonsnummer 87110) på Andenes. Denne ligger ca. 4 mil nord for planområdet.

Månedsnormaler for temperatur og nedbør viser at klimaet på Andøya er forholdsvis mildt, men at det i enkelte perioder er middeltemperatur under null grader. Nedbørsmengdene er relativt beskjedne, med 110 mm som maksimum i en måned med middeltemperatur under null. Normal årsmaksimum snødybde er 50-100 cm for store deler av det aktuelle området, kun et mindre område har normal årsmaksimum på 100-150 cm (Figur 14).



Figur 13: Månedsnormaler for middeltemperatur og nedbør i normalperioden 1961-1990 for Andøya målestasjon (Meteorologisk institutt, 2019).



Figur 14: Normal årsmaksimum av snødybde for normalperioden 1971-2000 (Kartverket, 2019). Det aktuelle området er markert med rød firkant.

4 Beregning av utløpslengder

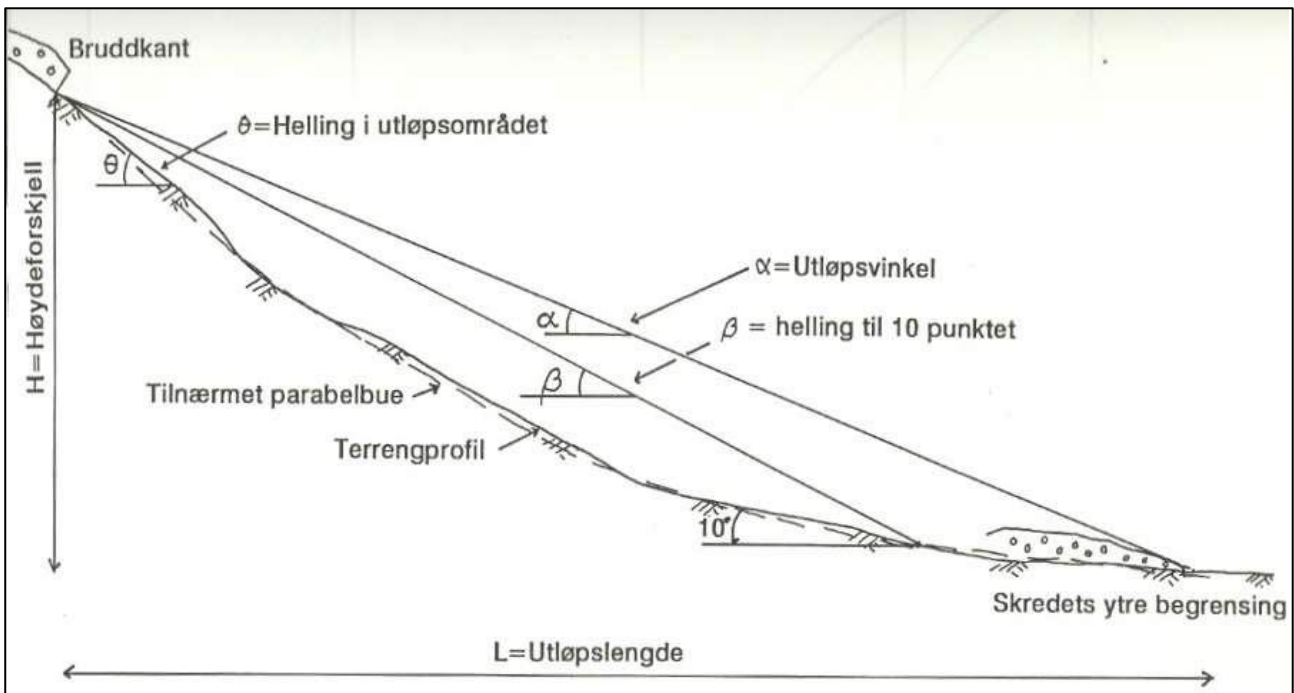
4.1 α/β – modellen

4.1.1 *Beskrivelse av modellen*

Snøskred

Norconsult har vurdert utløpslengder for snøskred langs fem profiler med løsnepunkt øverst i fjellsiden etter den empiriske α/β modellen utviklet av NGI (Lied&Bakkehøi, 1980). Dette er en modell hvor data fra mer enn 200 skred med kjent utløpsdistanse er benyttet til å bestemme vinkelen (α) fra skredets bruddkant til ytterste avsetning (Figur 15). I FoU programmet NIFS ble det gjort en statistisk sammenligning av ulike empiriske og numeriske modeller for snøskredsimulering ved å modellere 15 ulike skredløp i Norge med kjente utløpslengder (NVE, 2015). Resultater herfra viser at α/β - modellen med standardavvik gjennomgående beregnet de lengste utløpslengdene. Det finnes ikke data fra kjente skred i det aktuelle området, men bruk av α/β - modellen med standardavvik vurderes å gi konservative anslag på maksimale utløpslengder.

$$\text{Snøskred: } \alpha = 0,96\beta - 1,4^\circ \quad \text{SD} = 2,3^\circ$$



Figur 15: Prinsippskisse α/β modellen for snøskred. Vinkel fra bruddkant til ytterste skredavsetning kan beregnes etter følgende formel $\alpha = 0,96\beta - 1,4$. Standardavviket SD er $2,3^\circ$. Hentet fra (NVE, 2015).

Steinsprang

Det er også utviklet en α/β modell for beregning av utløpslengde for steinsprang. Denne er basert på modellen utviklet for snøskred, men tilpasset steinsprang ved hjelp av analyse av maksimale utløpsdistanser for kjente steinsprang fra 122 fjellsider. Arbeidet er utført av U. Domaas ved NGI og er upublisert (Derron,

Stalsberg, & Sletten, rev. 2016). Dette har gitt en empirisk sammenheng for beregning av utløpslengder for steinsprang:

$$\text{Steinsprang: } \alpha = 0,77\beta + 3,9^\circ \quad \text{SD} = 2,16^\circ$$

β -punktet er det punktet langs skredbanen der skredet mister energi og begynner å avsettes. Dette punktet er funnet å være der terrenget flater ut til en helning på 10° for snøskred og 23° for steinsprang.

α/β modellen tar ikke hensyn til lokale faktorer som berggrunn, løsmasser, vegetasjon og klima og bør derfor kun benyttes som et supplement til feltobservasjoner og andre vurderinger av utløpslengde.

4.1.2 **Beskrivelse av beregninger og resultater**

Kapittelet gir en kort beskrivelse av beregningene som er utført langs de ulike profillinjene samt en oppsummering av resultatene. Det er utført beregninger for utløpslengde av snøskred med og uten standardavvik for samtlige profiler. I tillegg er det for profillinje 3, som er lagt i området hvor «1. ledds tiltaket» planlegges, utført beregninger av utløpslengde for snøskred med to og tre standardavvik samt beregning av utløpslengde for steinsprang med ett, to og tre standardavvik. Resultater er vist i faresonekart (Vedlegg 1 og 2).

Profillinje 1 – Snøskred mot Høydebasseng (delområde 1)

Det er utført beregning av utløpslengde for snøskred etter alfa/betamodellen langs det aktuelle skredløpet, merket profillinje 1 i faresonekart (Vedlegg 1). Det er valgt et løsneområde for beregning tilsvarende et parti uten vegetasjon opp mot toppen av fjellsiden (Figur 7). Beregningene viser at et eventuelt snøskred fra et løsneområde opp mot toppen av fjellsiden kan få utløp gjennom hele vurdert område og krysse over vegen. Dette indikerer at dersom nødvendige faktorer for utløsning av snøskred er tilstede, kan området hvor høydebassenget planlegges plassert være utsatt for snøskred.

Profillinje 3 – «1. ledds tiltak» - Snøskred og steinsprang massetak (delområde 2)

Det er utført beregninger av utløpslengde for snøskred og steinsprang etter alfa/betamodellen langs en profillinje som krysser gjeldende plassering av «1. ledds tiltaket». Løsneområder er valgt høyt i fjellsida. For steinsprang er det valgt løsneområde i berghammeren opp mot toppen, mens det for snøskred er valgt et løsneområde i terrenget ovenfor berghammeren. Det er ikke avgjort hvilken høyde «1. ledds tiltaket» skal plasseres på. Det er derfor valgt å senke terrenget i profillinjen som er benyttet til beregningene, ned på nivå med laveste mulige plassering av «1. ledds tiltaket», kote +4. Dette ventes å gi den mest konservative tilnærmingen og de lengste beregnede utløpene. For både snøskred og steinsprang er det vist alfa/beta-punkt på faresonekart (Vedlegg 1 og 2). I tillegg er det her vist utløpslengder etter modellen med henholdsvis 1,2 og 3 standardavvik. Ved å legge til grunn utløpslengder med standardavvik tar en høyde for usikkerhet i modellen.

Snøskred: Beregningene viser at snøskred kan få utløp på planlagt område for masseatak, dette gjelder for beregninger med og uten standardavvik.

Steinsprang: Beregningene viser at potensiell utløpslengde for steinsprang er noe lenger enn for snøskred. Dette gjelder for beregning med og uten standardavvik.

Profillinje 2 og 4 – Snøskred massetak (delområde 2)

Profillinje 2 og 4 ligger henholdsvis sør og nord i området hvor massetaket planlegges. Profil 2 ligger ut fra et løснеområde i terrenget ovenfor massetakets hjørne i sørøst, mens profil 4 går langs et potensielt snøskredløp i en renneformasjon i fjellsiden. Løснеområdet ligger i toppen av renna.

Beregninger av utløpslengde for snøskred langs de to potensielle skredløpene viser at det kan gå snøskred med utløp ut på myrflata og inn i reguleringsområdet, om nødvendige faktorer for utløsning av snøskred er til stede. For begge profillinjene viser beregninger med ett standardavvik at snøskred kan få utløp inn på planlagt område for massetak.

Profillinje 5 – Midlertidig deponi (delområde 3)

Profillinje 5 ligger innenfor reguleringsområde for midlertidig deponi, og følger et potensielt snøskredløp i en renneformasjon i fjellsiden nord på området. Løsnakeområdet ligger i toppen av renna, i et vegetasjonsfritt parti mellom berghamrene som finnes opp mot toppen av fjellsiden.

Resultater fra beregning av utløpslengde etter alfa/betamodellen viser at snøskred fra det aktuelle løsnakeområde kan gå et stykke ut på myrflata.

4.2 RocFall

4.2.1 Beskrivelse av modellen

Som hjelpemiddel til evaluering av utløpsdistanser for steinsprang mot området for «1. ledds tiltaket», er programmet RocFall 2019 fra Rocscience Inc benyttet. Dette er et 2-dimensjonalt statistisk risikoanalyseprogram for steinsprang i bratte fjellsider. Ved å definere inngangsparameter for restitusjon (definert som normal (R_N) og tangential (R_T) friksjon mellom blokk og underlag), samt friksjonsvinkelen til underlaget, kan en simulere blokkers utløpsdistanse, energi og spretthøyde langs en profillinje. Simuleringene er relativt sensitive for variasjoner i inngangsparameter, og for å redusere denne usikkerheten er det lagt inn standardavvik for R_N og R_T og friksjonsvinkel.

RocFall modellen gjør flere forenklinger av virkeligheten, og resultatene må analyseres og sees i sammenheng med observasjoner fra felt. Forhold som må tas hensyn til når en bruker resultatene i skredfarevurderingen er blant annet at modellen simulerer med sirkulære blokker og at utløpslengder simuleres uavhengig av blokkstørrelsen.

Det er utført tester av modellen med hensyn til materialer langs profilet og bruk av rotasjonshastighet på blokker. Simuleringen er utført med og uten skalert normal restitusjon (R_N). Skalert R_N tar høyde for at det er nær elastisk deformasjon når blokkene har lav hastighet, mens ved høye hastigheter vil det være nær plastisk deformasjon på grunn av knusing av blokker og økt nedtrengning i overflaten (Pfeiffer & Bowen, 1989). Modellen får en mer konservativ tilnærming når R_N ikke er vektet og dette er lagt til grunn for simuleringer som er utført i forbindelse med denne rapporten.

4.2.2 Inputparametere

Det er mulig å legge inn antall blokker som skal simuleres samt vekten av hver blokk. Det er i dette tilfellet valgt å kjøre 1000 blokker per simulering med en vekt på 3000 kg per blokk, dette utgjør blokker på omkring 1 m³. Som nevnt påvirkes ikke utløpslengden av blokkstørrelsen i RocFall, men blokkstørrelse vil gi utslag i energimengde.

Det er utført simuleringer med flere ulike løsnepunkt/slippunkt for blokker i den aktuelle skråningen. Disse er valgt basert på vurdering av topografi og terreng fra både kartgrunnlag, flyfoto og feltobservasjoner.

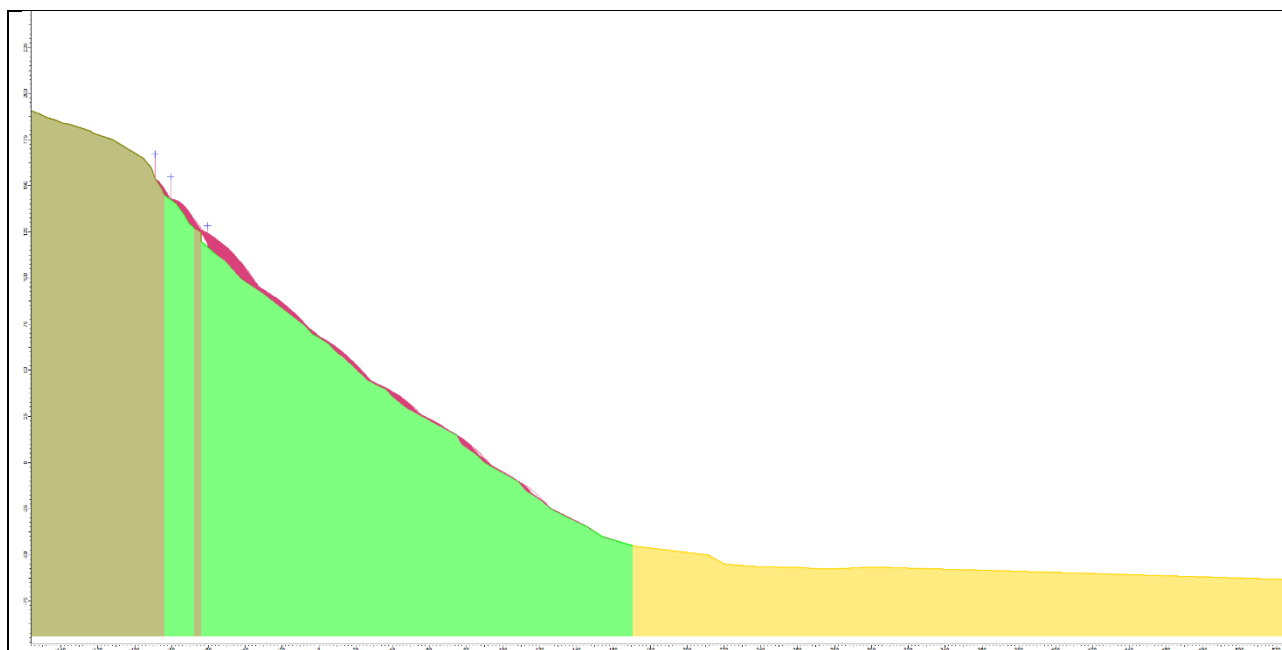
Materialparameterne som er benyttet i modellen er gitt i **Error! Reference source not found.** Det er benyttet to materialtyper som er forhåndsdefinerte i modellen, bergblotninger og ur. Verdier for restitusjonsparameterne for disse materialene er satt til standardverdier for de ulike materialene, gitt av RocFall. Materialet 'bløt mark' og tilhørende restitusjonsparametere er definert ut ifra forhåndsdefinerte materialer i tidligere versjoner av RocFall (RocFall 4.0).

Tabell 2: Restitusjonsverdier for ulike materialtyper med tilhørende standardavvik som er benyttet i RocFall-analysene.

Materiale	Normal restitusjon (R_N)	Tangentiell restitusjon (R_T)	Standardavvik
Bergblotninger	0,35	0,85	0,04
Ur	0,32	0,8	0,04
Bløt mark	0,3	0,8	0,04

4.2.3 Resultater

Resultater fra simuleringen viser at blokker ikke når ut på det vurderte området. Alle simulerte blokker fra de ulike løsneområdene/slippunktene stopper i fjellskråningen eller i skråningsfoten. Resultater er vist i Figur 16.



Figur 16: Utsnitt av resultater fra simulering av utløpslengde for steinsprang i RocFall. Alle blokker (rosa) stopper i skråning eller ved skråningsfot.

5 Vurdering av skredfare

5.1 Høydebasseng (delområde 1)

5.1.1 Snø- og sørpeskred

Snøskred løsner vanligvis i terreng brattere enn 30°. Store deler av lia ovenfor planlagt høydebasseng er brattere enn dette, og utgjør dermed teoretiske løsneområder. Nedre del av skråningen er stort sett dekket av buskvegetasjon og småskog, mens det i toppen finnes flere åpne områder (markert på faresonekart). Vegetasjonen vil binde et eventuelt snødekke og dele det opp i mindre seksjoner, slik at sannsynligheten for utløsning av et skred av betydelig størrelse minker. Partiene uten vegetasjon er unntakene, og disse vil muliggjøre skredhendelser gitt at værforholdene gir snøansamling.

De dokumenterte skredhendelsene sør for området indikerer at en kan få ansamling av snø i den østvendte fjellsiden, selv om det er sjelden det har gått større skred.

Det er ikke observert tegn til hyppig snøskredaktivitet eller store hendelser i området ved planlagt høydebasseng, men det er observert enkelte åpne glenner i skogen som en ikke kan utelukke skyldes snøskredaktivitet. Det er begrenset høyde på fjellsiden ovenfor høydebassenget. Med bakgrunn i terreng, vegetasjon og observasjoner i skråningen vurderes det å være potensielle for utløsning av mindre snøskred i det aktuelle området.

Samlet vurderes mindre skredhendelser fra de vegetasjonsfrie områdene å kunne opptre hyppig og dermed påvirke utbredelsen av faresone $P > 1/100$. Slike hendelser vil normalt stoppe i, eller et lite stykke ut fra, skråningsfoten langs fjellsiden. For hendelser med større returperiode må en ta høyde for at vegetasjonen har mindre beskyttende effekt slik at en kan få dannet større skred som vil kunne krysse hele det vurderte området, inkludert området for høydebasseng. Beregninger med alfa/beta – metoden støtter denne vurderingen. Et slikt scenario danner grunnlaget for utbredelsen av faresone $P > 1/1000$.

Snøskred er vurdert å være dimensjonerende skredtype for delområde 1.

Det er ikke observert elve-/ bekkeløp eller terrengforsenkninger som vurderes å kunne forårsake utløsning av sørpeskred.

5.1.2 Jord- og flomskred

For at et jordskred skal løsne kreves terreng brattere enn 20° og løsmasser av en viss mektighet. Terrenget i området ovenfor høydebassenget er stort sett brattere enn 20° (Figur 10), men det er ikke observert løsmasser av betydelig mektighet på befaring. Dette støttes av løsmassekart fra NGU som viser at løsmassene i området hovedsakelig består av tynn morene (Figur 12). Det er stedvis observert høy blokkandel i overflaten, noe som reduserer sannsynligheten for skred. Vegetasjonen i området vil ha en stabiliserende effekt på det som finnes av løsmasser, og reduserer sannsynligheten for utløsning av et eventuelt jordskred. Videre er det ikke observert tegn til tidligere jordskred, mindre utglidninger eller erosjon i terrenget. Det vurderes som lite sannsynlig at det skal løsne jordskred med utløp ned mot høydebassengområdet, men mindre utglidninger kan likevel ikke utelukkes ved kraftig regn eller stor snøsmelting. Jord- og flomskred vurderes imidlertid ikke å være dimensjonerende skredtype for det vurderte området.

Det er ikke observert elve- eller bekkeløp i terrenget ovenfor høydebassenget som vurderes å kunne forårsake flomskred av betydning.

5.1.3 Steinsprang

Det er ikke definert aktsomhetsområde for steinsprang i området hvor tanker til høydebassenget planlegges plassert (NVE, 2019). Feltkartlegging viser at det er enkelte bergblotninger i skråningen samt enkeltblokker som ligger i det skrå terrenget, men ingen berghamre som vurderes som sannsynlige løsneområder for steinsprang med rekkevidder ned mot området for høydebasseng.

På bakgrunn av dette vurderes området hvor høydebassenget planlegges plassert å ha tilstrekkelig sikkerhet mot steinsprang.

5.2 Massetak (delområde 2)

5.2.1 Steinsprang

5.2.1.1 Potensielle løsneområder

Det er partier med markerte og bratte berghamre i øvre del av skråningen ovenfor planlagt massetak (Figur 8). Det sees noe oppsprekking i berget, og det ventes aktivitet i form av blokkfall fra disse berghamrene. Berghamrene vurderes å være potensielle løsneområder for steinsprang.

5.2.1.2 Vurdering av fare for steinsprang

Det er observert urmasser i store deler av skråningen ovenfor planlagt massetak. Gjennomgående ligger gamle skredblokker i terrenget ned til en markert urfot, stedvis ligger spredte blokker i det flate terrenget et lite stykke ut fra denne. Dette indikerer at rekkevidden på steinsprang er begrenset, men det er observert enkelte ekstremblokker med relativt lange utløp. Med bakgrunn i vurderte potensielle løsneområder, høyde på disse og observasjoner i felt vurderes det å være potensielle for steinsprang med utløp inn i vurdert område. Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype for området vest for profillinje 1 og langs hele området med unntak av i utløpet til skredløp langs profillinje 2 (se faresonekart – Vedlegg 1). Det er ikke observert ferske blokker fra nyere hendelser i området, steinsprangaktiviteten vurderes derfor å være begrenset.

5.2.2 Snø- og sørpeskred

Det er definert aktsomhetsområde for snøskred i deler av området (Figur 4). Terrenget i lia ovenfor vurdert område er teoretisk bratt nok til at snøskred kan utløses, men i de mange berghamrene er det for bratt til at større snømengder vil kunne akkumuleres. To potensielle snøskredløp ned mot delområdet er detektert under befarings (profil 2 og 4 på vedlagte kart). Ovenfor det planlagt massetakets sørlige del finnes et større område uten berghamre og vegetasjon som vurderes å være et potensielt løsneområde for snøskred (Profil 2). Hovedskredløpet vurderes å ville gå sør for massetakets, men det påvirker faresonegrensen i det sørlige hjørnet av området.

Snøskred vil kunne være dimensjonerende skredtype for sjeldne hendelser og vil derfor være dimensjonerende for faresone S2 og S3 i aktuelle områder. De aktuelle områdene er markert på faresonekart (Vedlegg 1), og begrenser seg til enkelte skredløp (2 og 4), samt området sørøst for profil 2.

Det er ikke observert elve-/bekkeløp eller andre forsenkninger i terrenget som ventes å kunne utløse og lede større sørpeskred ned til det aktuelle området.

5.2.3 **Jord- og flomskred**

Det er ikke definert aktsomhetsområder for jord- og flomskred i det aktuelle området (Figur 2). Lia ovenfor planlagt massetak er dominert av urmasser og vegetasjon i form av småskog. Ifølge løsmassekart finnes det tynn morene, skredmateriale og bart fjell i fjellsiden ovenfor planlagt massetak (Figur 12). Basert på dette og observasjoner i felt forventes ikke løsmasser av betydelig mektighet. Det er ikke observert tegn til jordskred, erosjon eller mindre løsmasseutglidninger i terrenget. På bakgrunn av dette vurderes det som lite sannsynlig at det skal utløses jordskred i skråningen med utløp til det vurderte området. Mindre utglidninger kan forekomme i områdene uten vegetasjon ved kraftig regnvær eller stor snøsmelting.

Det er ikke observert elve- eller bekkeløp i terrenget som ventes å kunne forårsake større flomskred.

Jord- og flomskred vurderes å ikke være dimensjonerende skredtype for området.

5.2.4 **Vurdering av skredfare etter «1. ledds tiltak»**

For 1. leddstiltakene innenfor planområdene er det gjort en utvidet vurdering av skredfare for å kunne bestemme faresonegrense for tiltak omfattet av storulykkeforskriften. Det er da sett på både ekstreme utløpslengder for skred fra fjellsiden, i tillegg til at det er vurdert potensiale for store fjellskred samt sekundærvirkning i form av flodbølge.

Det er utført analyse av utløpslengder for steinsprang ved bruk av programvaren RocFall og $\alpha\beta$ -modellen for steinsprang. RocFall gir utløp til urfot, men ikke ut på det slake området utenfor. $\alpha\beta$ -modellen som representerer maksimale utløpslengder gir lengre utløp som når ut på myrflate i nedkant av skråningen. For vurdering av faresone er det valgt å legge til grunn en konservativ tilnærming til modellerte og beregnede utløpslengder ved fastsettelse av faresonegrenser. I tillegg til utført feltkartlegging er resultater fra $\alpha\beta$ -modellen med 3 standardavvik for steinsprang vektlagt ved plassering av faresonegrensen.

5.2.4.1 Vurdering av fare for påvirkning fra ustabile fjellparti

I NGU sin database finnes det ingen registrerte ustabile fjellparti som vil kunne berøre det aktuelle anlegget direkte. Analyse av InSAR-data viser heller ingen tegn til bevegelse i fjellsiden ovenfor området hvor brennstofflageret omfattet av storulykkeforskriften skal plasseres. Det vurderes derfor å ikke være fare for større fjellskred fra Kinnfjellet med utløp til planområdet, men anlegget må plasseres utenfor faresone for «førsteleddstiltak» som ivaretar sikkerhet mot steinsprang og større steinskred.

Det finnes begrenset informasjon om de ustabile fjellpartiene som er registrert i regionen. Objektene det er etterspurt informasjon om er lavt prioritert i NGU sitt program for kartlegging av ustabile fjellparti. GPS-målingene på to av lokalitetene viste ingen store bevegelser, og INSAR data viser XXX. Plasseringen på yttersiden av Andøya gjør at anlegget vil være godt beskyttet av eventuelle flodbølger som eventuelt genereres inne i fjordene. Dette gjelder også objektene som er vurdert å ha høyere faregrad, Reintinden (6) og Brustinden (7), som ligger henholdsvis omkring 80 og 65 km fra Andøya. De vil ved en eventuell kollaps treffe sjøen på sørøstsiden av øyene hvor de er lokalisert. Planområdet vurderes å ligge i god avstand, og skjermet til ved en eventuell fjellskredgenerert flodbølge fra disse objektene.

Ut ifra foreliggende grunnlag er det ut fra Norconsult sin vurdering per i dag ikke avdekket forhold som gjør at fjellskred eller sekundærvirkning av slike (flodbølge) vil kunne påvirke anlegg plasser utenfor faresone for «1. ledds tiltak».

5.3 Midlertidig deponi (delområde 3)

5.3.1 *Steinsprang*

5.3.1.1 Potensielle løснеområder

Terrenget ovenfor det vurderte delområdet består av flere bratte berghamre og skrenter. Det er dels dekkende og mektige urmasser i skråningen og ned på flata utenfor fjellsiden, noe som tyder på historisk aktivitet. Berghamrene i øvre del av fjellsiden vurderes å være potensielle løснеområder for steinsprang.

5.3.1.2 Vurdering av fare for steinsprang

Det ligger som nevnt urmasser i skråningen og stedvis ut på flaten langs fjellsiden. Det er observert enkelte blokker med lange utløp, markert på faresonekart. Dette er vurdert å være historiske blokker. Det er også observert enkelte ferske blokker i terrenget trolig fra en og samme hendelse, men av mindre størrelse og blokkene har stoppet ca. 30 m oppe i fjellsiden (vist på faresonekart). Ut fra dette vurderes steinsprangaktiviteten i fjellsiden som begrenset. Det sees en del oppsprekking i berghamrene øverst i fjellsiden, og det ventes å kunne komme utfall fra disse. Det vurderes med bakgrunn i dette å være potensielle for steinsprang med utløp til vurdert område.

Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype for store deler av det aktuelle området. Unntaket er langs snøskredløp merket i faresonekart.

5.3.2 *Snø- og sørpeskred*

Det er definert aktsomhetsområde for snøskred langs hele fjellsiden ovenfor det vurderte området. Terrenget er bratt nok til at snøskred kan utløses, men deler av fjellsiden består av bratte berghamre hvor snø ikke vil akkumuleres. Nedre deler av fjellsiden er hovedsakelig dekket av vegetasjon og urmasser, som vil forhindre at det dannes større flak som kan gli ut samt bidra til god heft for et eventuelt snødekke. I øvre deler av enkelte renneformasjoner finnes områder uten vegetasjon hvor det vurderes å kunne være potensielle løснеområder for snøskred. Områdene er markert på faresonekart (Vedlegg 1).

Det vurderes å være potensielle for snøskred med utløp til vurdert område fra en av renneformasjonene i fjellsiden ovenfor område 3 – midlertidig deponi (snøskredløp 3). Snøskred er dimensjonerende skredtype for området i utløpet av det aktuelle snøskredløpet (markert på faresonekart – Vedlegg 1).

Det er ikke observert terrengformasjoner som vil kunne være løснеområder for sørpeskred i det aktuelle området.

5.3.3 *Jord- og flomskred*

Ifølge NVE sine aktsomhetskart er det definert aktsomhetsområder for jord- og flomskred i deler av området (Figur 2). Det er på befarings ikke observert tegn til jordskred eller stor erosjon i fjellsiden, og denne typen skredaktivitet vurderes å være begrenset. Med bakgrunn i løsmassekart og observasjoner på befarings ventes det ikke betydelig løsmassemekthet i fjellsiden. Eventuelle løснеområder for jordskred vil være lokalisert øverst i rennene, der en ikke har urmasser eller vegetasjon. Det kan ikke utelukkes at mindre løsmasseutglidninger kan forekomme fra øvre deler av renneformasjonen langs fjellsiden. Disse ventes å ha begrenset utløp og vil mest sannsynlig stoppe ved eller i kort avstand ut fra foten på fjellsiden. Det er ikke

observert vannveger i terrenget eller på kartet som ventes å kunne føre et flomskred ned til det vurderte området.

Jord- og flomskred er vurdert å ikke være dimensjonerende skredtype for dette området.

5.4 Kinnfjellet nord (delområde 4)

5.4.1 Steinsprang

5.4.1.1 Potensielle løsneområder

Terrenget ovenfor planområdet består av flere bratte berghamre og skrenter. Her sees en del oppsprekking, og det kan ikke utelukkes at det vil komme nedfall fra disse.

5.4.1.2 Vurdering av fare for steinsprang

Det vurderes å være potensiale for steinsprang med utløp til planområdet fra berghamrene på nordsiden av Kinnfjellet. Terrenget i nedkant av hamrene vurderes å ha god fangevne i form av ur og vegetasjon i skråningen og myr på flaten ut fra skråningen, mindre nedfall ventes derfor å stoppe før planområdet. Det er ikke registrert ferske blokker ned på flata mot planområdet, dette indikerer lav steinsprangaktivitet, men det ligger eldre urmasser og enkeltblokker et stykke ut på flata. Det kan ikke utelukkes at større utfall vil kunne få utløp inn på planområdet.

Deler av planområdet vurderes å ikke ha tilstrekkelig sikkerhet mot steinsprang. Det er utarbeidet faresonekart for det aktuelle området med steinsprang som dimensjonerende skredtype.

5.4.2 Snø- og sørpeskred

Deler av vurdert område ligger innenfor aktsomhetsområde for snøskred (NVE, 2019). Terrenget består av bratte berghamre og urmasser, med unntak av skaret som går opp mellom to av berghamrene sentralt i skråningen (Figur 9). Terrenget ovenfor planområdet er teoretisk bratt nok til at snøskred kan løsne ($>30^\circ$), men domineres av berghamre som er for bratte til at snø vil akkumuleres. Videre vil vegetasjonen nedenfor berghamrene dele snødekket opp i mindre seksjoner og føre til at sannsynligheten for at større skred løsner er mindre. Urmassene vil gi et eventuelt snødekke god heft, samt føre til at det kreves en større snødybde for at et skred skal utløses. Det vurderes å være lite sannsynlig at områdene dekket av ur og/eller vegetasjonen vil utgjøre løsneområder for snøskred. Et begrenset område øverst i skaret vurderes å kunne være et potensielt løsneområde for snøskred. Innhentet klimadata samt informasjon fra lokale antyder at snødybden i området sjelden er betydelig.

Det er ikke observert bekke-/elveløp eller andre terrengforsenkninger som ventes å kunne gi sørpeskred med utløp til det aktuelle området.

Vurdert område vurderes å ha tilfredsstillende sikkerhet mot snø- og sørpeskred for både S1, S2 og S3.

5.4.3 Jord- og flomskred

Det er ikke definert aktsomhetsområde for jord- og flomskred i det aktuelle området (Figur 2). Det er ikke registrert elve- eller bekkeløp med potensiale for flomskred i området, hverken på befaring eller på kartet. Skråningen består hovedsakelig av urmateriale eller bratte berghamre og det er ikke observert tegn til løsmasser av større mektighet i skråningen ovenfor det aktuelle området. Skråningen er dekket av løvskog

og urmasser, og det er ikke observert tegn til erosjon eller utglidninger. Det går et søkk/skard opp mellom to av berghamrene, her kan det ikke utelukkes at det finnes noe løsmasser.

Det kan ikke utelukkes at mindre løsmasseutglidninger kan forekomme i skaret mellom berghamrene. Ur og vegetasjon i form av løvskog i skråningen nedenfor skaret vil bremse og spre massene fra en utglidning slik at utløpslengden reduseres. En eventuell utglidning fra skaret vurderes derfor å ikke ville nå ned til det vurderte området.

Det vurderes å ikke være potensiale for jord- og flomskred med utløp til det vurderte området.

6 Faresonekart

Ettersom deler av områdene vurderes å være utsatt for skred er det utarbeidet faresonekart for de vurderte områdene. Det er tegnet faresonegrenser for alle sikkerhetsklasser S1 (1/100), S2 (1/1000) og S3 (1/5000), samt for «1. ledds»-tiltak. Byggverk omfattet av de ulike sikkerhetsklassene må plasseres utenfor tilhørende faresonegrense. Tiltak kan utføres for å øke sikkerheten mot skred i et spesifikt område, unntaket er byggverk omrammet av storulykkeforskriften.

Steinsprang er dimensjonerende skredtype for store deler av delområde 2 og 3 (massetak og midlertidig deponi) med unntak av 3 snøskredløp langs fjellsiden. For delområde 4 på nordspissen av Kinnfjellet er steinsprang vurdert å være dimensjonerende skredtype, mens for område for høydebassenget er snøskred dimensjonerende for faresonegrensene.

I tillegg til observasjoner og vurderinger gjort ut ifra kartstudier og feltobservasjoner er det gjort beregning av utløpslengde for snøskred ved alfa-beta metoden (NVE, 2015).

7 Vurdering av aktuelle sikringstiltak

7.1 Høydebasseng

Det vurderes å være potensiale for snøskred med utløp frem til aktuell plassering av høydebasseng. Høydebassenget består av tanker som planlegges nedgravd, der kun lufterør stikker over jord. En forutsetning for en slik løsning er at tankene legges tilstrekkelig dypt i terrenget og overdekkes med nok masser til at eventuelle snøskred ikke eroderer seg ned til tankene. Dette må detaljprosjekteres i videre prosjektfaser. For at høydebassenget skal være operativt må en i tillegg unngå at lufterørene dekkes av skredmasser, det vil derfor være nødvendig å sikre disse mot eventuelle snøskred. Dette kan gjøres ved å legge opp masser i en kjegle som vil splitte skredet og lede skredmassene rundt lufterørene. Behov for mur for å gjøre kjeglene tilstrekkelig bratte må vurderes. Disse kjeglene må ha en overhøyde i forhold til rørene og høyden på dimensjonerende skred. Også dette tiltaket må detaljprosjekteres i videre prosjektfase.

7.2 Massetak

Ifølge foreliggende planer er det ikke planlagt noen bygg innenfor faresone S1, S2 eller S3 i det aktuelle området. På foreliggende plankart er det skissert inn en skredvoll, denne vurderes ikke som nødvendig for permanente bygg på området.

I anleggsperioden vurderes det generelt som akseptabelt å jobbe inn til faresonegrense for sikkerhetsklasse S1. En skal likevel være observant på at det vil være en viss restrisiko for skred, og dette må hensyntas ved planlegging og gjennomføring av arbeider for å minimere oppholdstid nærmest skråningsfot.

Det bør vises ekstra aktsomhet ved store nedbørsmengder i form av både snø og regn.

7.2.1 «1.leddstiltak»

Tiltak som havner innunder TEK17 §7-3 første ledd må plasseres utenfor (vest for) faresonegrense for 1.ledd tiltak, og det er ikke tillatt å utføre sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred, se kap. 1.2.

7.3 Midlertidig deponi

Det planlegges ikke permanente byggverk innenfor område 3, midlertidig deponi. Det er derfor ikke nødvendig med sikringstiltak innenfor det aktuelle området.

I anleggsperioden vurderes det generelt som akseptabelt å jobbe inn til faresonegrense for sikkerhetsklasse S1. En skal likevel være observant på at det vil være en viss restrisiko for skred, og dette må hensyntas ved planlegging og gjennomføring av arbeider for å minimere oppholdstid nærmest skråningsfot.

Det bør vises ekstra aktsomhet ved store nedbørsmengder i form av både snø og regn.

7.4 Kinnfjellet nord

En liten del av området ligger innenfor faresoner for skred, men ifølge foreliggende planer skal det ikke plasseres bygninger innenfor definerte faresoner. Det vil derfor ikke være nødvendig å utføre sikringstiltak i det aktuelle området ut fra dagens planlagte arealutnyttelse.

8 Referanser

- Derron, M. H., Stalsberg, K., & Sletten, K. (rev. 2016). *Method for susceptibility mapping of rock falls in Norway, Technical report*. Trondheim: NGU.
- Direktoratet for byggkvalitet. (2017, 08 20). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*.
- Kartverket. (2019, 07 11). *senorge - Årsmaksimum snødybde*. Hentet fra www.senorge.no
- Lied&Bakkehøi. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology, Vol 26, No.94, 1980*, 165-177.
- Meteorologisk institutt. (2019, 07 11). *øKlima - Månedsnormaler temperatur og nedbør*. Hentet fra www.eklima.no
- NGI. (2019, 06 20). *NGI skredkart. Helningskart*. Hentet fra skredkart.ngi.no
- NGU. (2019, 06 20). *Berggrunn- og løsmassekart*. Hentet fra www.ngu.no
- NGU. (2019). *Ustabile fjellparti i nærhet til Andøya*. Personlig kommunikasjon per epost med lag for geofarer og jordobservasjon v. Martina Böhme.
- NVE. (2014a). *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2014b). *NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak*. Oslo: Norges vassdrags og energidirektorat (NVE).
- NVE. (2015). *Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7 Skred og flomsikring*. . Oslo: NVE.
- NVE. (2015). *Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7: Skred og flomsikring. Rapport 107:2015*. Norges vassdrags og energidirektorat.
- NVE. (2019, 06 20). *NVE Atlas*. Hentet fra atlas.nve.no
- Pfeiffer, T., & Bowen, T. (1989). *Computer Simulations of Rockfalls*. Bulletin of the Association of Engineering Geologists XXVI (1) s. 135-146.
- Statens vegvesen. (2019, 06 20). *Vegkart*. Hentet fra www.vegvesen.no/vegkart

Vedlegg

Vedlegg 1: Faresonekart (tegning G10-00-01-A)

Vedlegg 2: Faresonekart for område for 1. ledds tiltak (tegning G10-00-02-A)

Tegnforklaring

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- S1 ($p \geq 1/100$)
- S2 ($p \geq 1/1000$)
- S3 ($p \geq 1/5000$)

----- Faresone
"1. ledds tiltak"

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- Steinsprang

Alfa/beta modellen - utløpslengder

- Snøskred
- Steinsprang
- Snøskred m/SD
- Steinsprang m/SD

Ekstremblokker

Ferske blokker

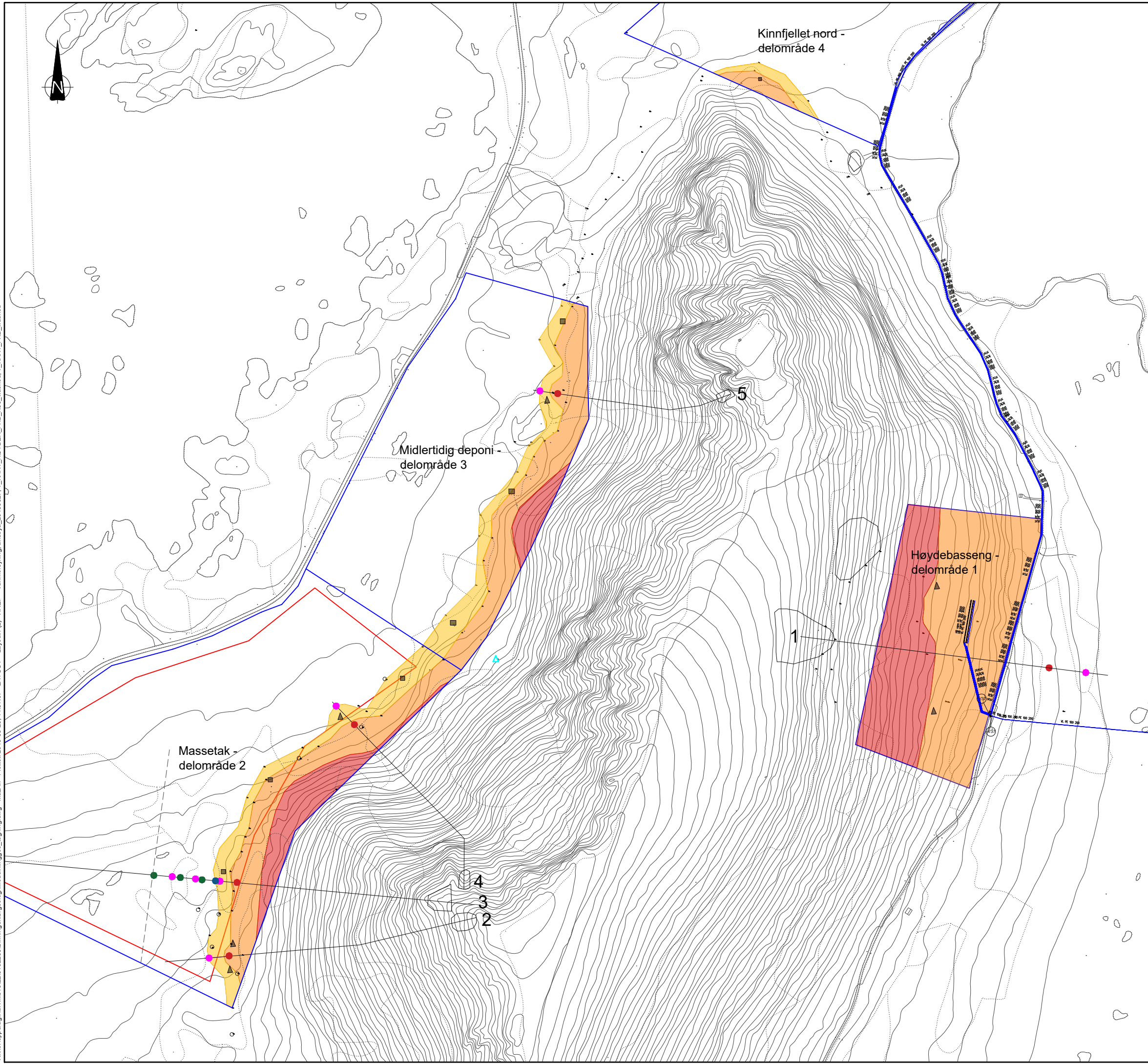
— Snøskredløp

Potensielt løsnemråde snøskred

Vurdert område

Massetak - planlagt område

X:\prosjekt\andoya\192255\192255\Modell\ingeo\tegning\tegning.dwg - MaLAn - Piktet: 2019-08-23, 14:37:07 - LAYOUT = Layout1 (2) - XREF = Varmforsyning_andoya_20190827_T_KART_HOYDER_FKB_NEO_washed_T_KART_FKB_washed



Rev.	Dato	Beskrivelse	MaLAn	KTLoF	TEH
J01	2019-08-23	For bruk			
<small> Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrækning enn formålet tilsier. </small>			Målestokk (gjelder A1)		
ANDØYA SPACEPORT AS					1:3000
Børvågen - Andøya Spaceport					
Faresonekart					
Forprosjekt teknisk infrastruktur					
		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5192255	G-10-00-01-A	J01	

