

NOVEMBER 2023
AVINOR

KRISTIANSUND LUFTHAVN

GEOTEKNISK PROSJEKTERINGSRAPPORT



COWI

NOVEMBER 2023
AVINOR

KRISTIANSUND LUFTHAVN

GEOTEKNISK PROSJEKTERINGSRAPPORT

PROSJEKTNR.	DOKUMENTNR.				
A267097	A267097-RAP-RIG-001				
VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEJDET	KONTROLERT	GODKJENDT
1.0	30.11.2023		AIFE	CBNI	TFBE
2.0	18.01.2024	Rettelser etter kommentarer fra Avinor	AIFE	CBNI	TFBE

INNHold

1	Sammendrag	7
2	Innledning	8
2.1	Plannivå	8
2.2	Prosjekt	8
2.3	Tilgjengelig geoteknisk informasjon	9
3	Topografi og Kvartærgeologi	10
3.1	Topografi	10
3.2	Kvartærgeologi og mulighet for marine leire	11
4	Grunn og grunnvannsforhold	15
4.1	Grunnforhold og dybde til berg	15
4.2	Grunnvannsforhold	16
4.3	Geotekniske parametere	16
5	Natur påkjenning	18
5.1	Flo og Flom	18
5.2	Skred i bratt terreng, snø og steinsprang samt jord og flomskred	18
5.3	Utredning av områdeskred	18
6	Frostfri dyp	21
7	Prosjekterings forutsetninger	23
7.1	Geotekniske oppgaver	23
7.2	Regelverker	23
7.3	Geoteknisk kategori	24
7.4	Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)	24
7.5	Prosjekteringskontroll	25
7.6	Tiltaksklasse	26

7.7	Utførelseskontroll	26
7.8	Partial- og korrelasjonsfaktorer	27
8	Geoteknisk prosjektering	28
8.1	Utgraving av forurenset jord	28
9	Prosjektgjennomføring	31
9.1	Tilbake fylling av masser	31
10	Punkter der må kontrolleres under utførelse	32
11	References	33

1 Sammen drag

I forbindelse med oppgraving av forurens et jord ved Kristiansund lufthavn kan det benytte graveskråninger med helning 1:1,1 hvor det treffes sprengstein, 1:2 hvor det treffes sand og 1:2,5 hvor det treffes myr. Det er antatt maksimal gravedybde på 4 m.

Det anbefales, hvor det graves tette st på landingsbanen, at de første 5m utgravingen nærmeste landingsbanen fylles opp samme dag og ikke står åpen natten over.

Det er ikke registrert kvikkleire/sprøbruddmateriale i de utførte gravinger.

Grunnvannsspeilet må snekes hvor det graves ut, det vurderes at lensepumping ikke er tilstrekkelig, men at det må installeres sugespissanlegg. Det anbefales at en hydrogeolog vurder mengde av vann det må håndteres og omfang av senkningstrakt.

Det er ikke utfordringen med områdestabiliteten på dette prosjekt.

Prosjektet vurderes plassert i tiltaksklasse 1.

2 Innledning

COWI er engasjert av Avinor som geoteknisk rådgiver i forbindelse med utgraving av forurenset jord på Kristiansund lufthavn.

Nærværende rapport presenterer de geotekniske vurderinger der er gjort i forbindelse med utgraving av jordmassen.

Prosjektområdet kan ses av Figur 1 markert med rød ramme.



Figur 1 Utklipp fra Googlemaps.no som viser prosjektområdet med rød ramme

2.1 Plannivå

Prosjektets utarbeides for plannivå svarende til detaljprosjekteringsnivå.

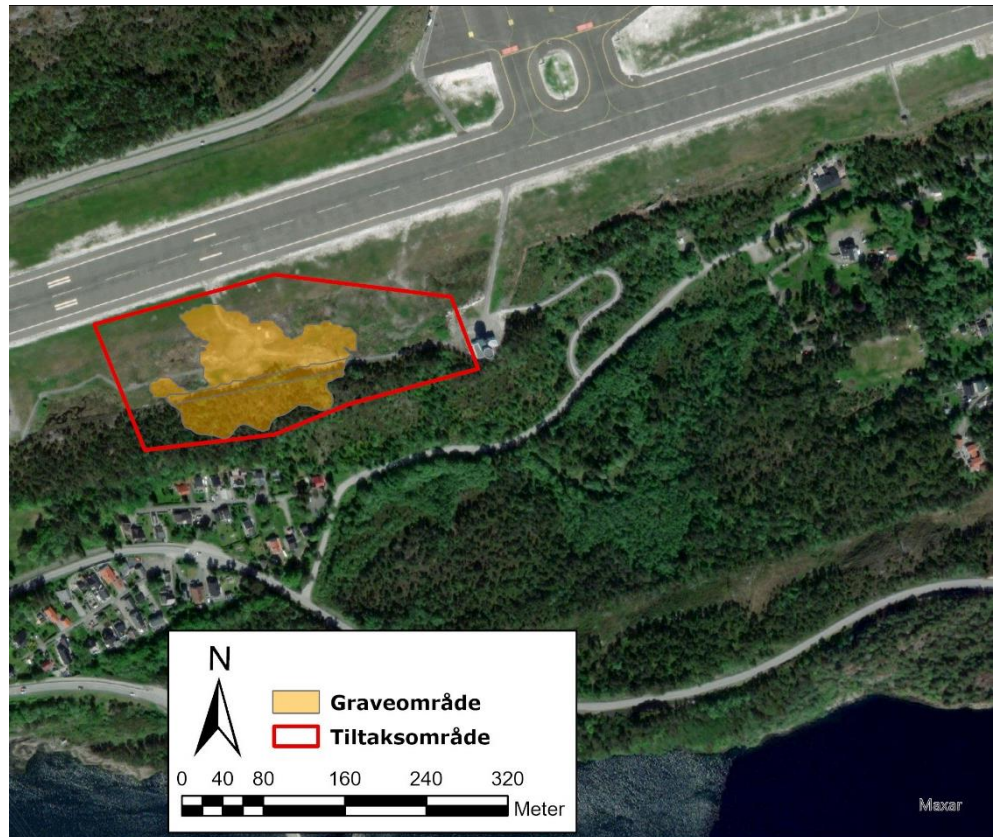
Det skal være tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 28-1, § 29-5 [1] og byggeteknisk forskrift kap. 7. [2] Sikkerhet mot områdeskred utredes i samsvar med NVEs veileder 1/2019. [3]

Denne rapporten tar ikke for seg vurdering omkring forurenset grunn.

2.2 Prosjekt

Dette prosjektet omhandler et nedlagt brannøvingsfelt ved Kristiansund lufthavn. Som resultat av brannøvingene er jorden forurenset med PFAS. Denne jorden skal utgraves.

Det omtrentlige området der skal utgraves ses på Figur 2. Dybden varierer fra 1-4m.



Figur 2 Tiltaks- og graveområde

2.3 Tilgjengelig geoteknisk informasjon

I forbindelse med dette prosjektet er det foretatt prøvegravinger i 2021-2023 og det foreligger tidligere undersøkelser fra 2016.

I tillegg til eksisterende grunnundersøkelser er det gjort bruk av offentlig tilgjengelige data fra kartdatabaser og modeller, som høydedata.no, norgeskart.no, norgebilder.no, NVE Atlas mv. til vurdering av geoteknisk forhold.

3 Topografi og Kvartærgeologi

En generell gjennomgang av topografi for området og grunnforhold er nødvendig for å kunne vurdere prosjekteringsforutsetninger i forhold til utførelses- og sikkerhetskrav som må overholdes i forbindelse med prosjektet.

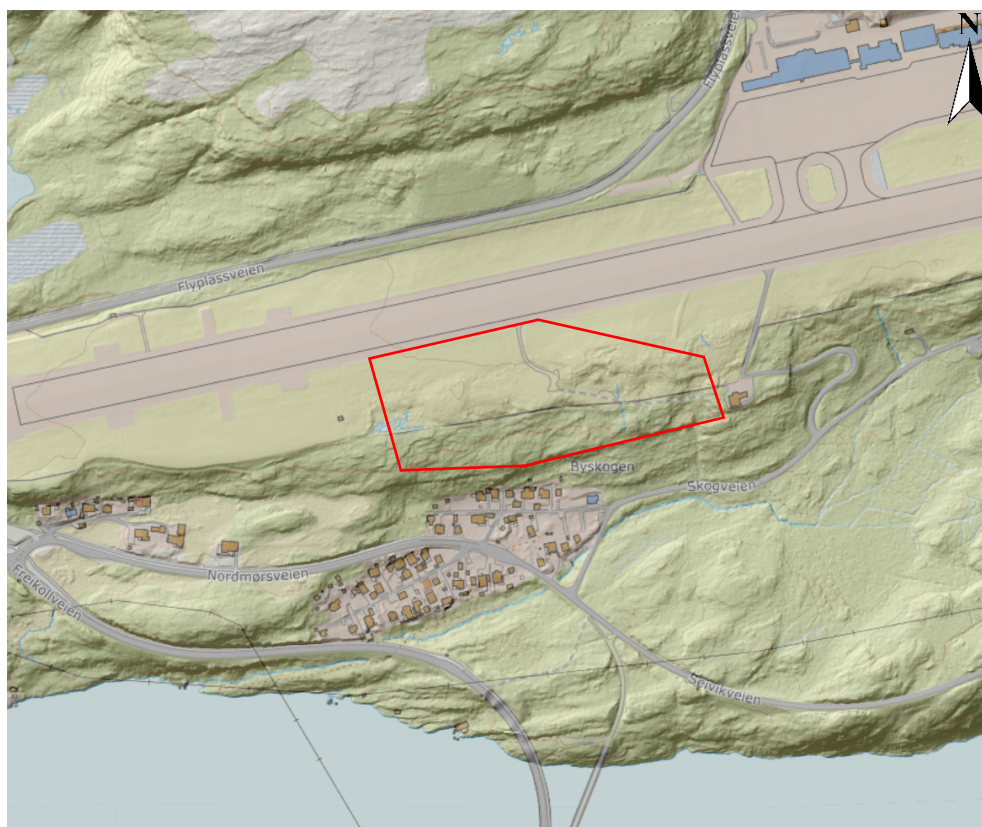
Det er benyttet informasjon fra kvartærgeologisk kartgrunnlag og bilder fra tidligere prøvegravinger.

3.1 Topografi

Høydedata viser at tiltaksområdet ligger omtrentlig 150m sør fra en bratt skråning med en helning på 1:2,3.

I selve tiltaksområdet falder terrenget fra nord mot sør. Den nordlige delen av området er flatt og falder bratt i den sørlige delen med en helning på 1:3,6.

Området mellom de bratte skråningene faller med en helning på 1:20,4.



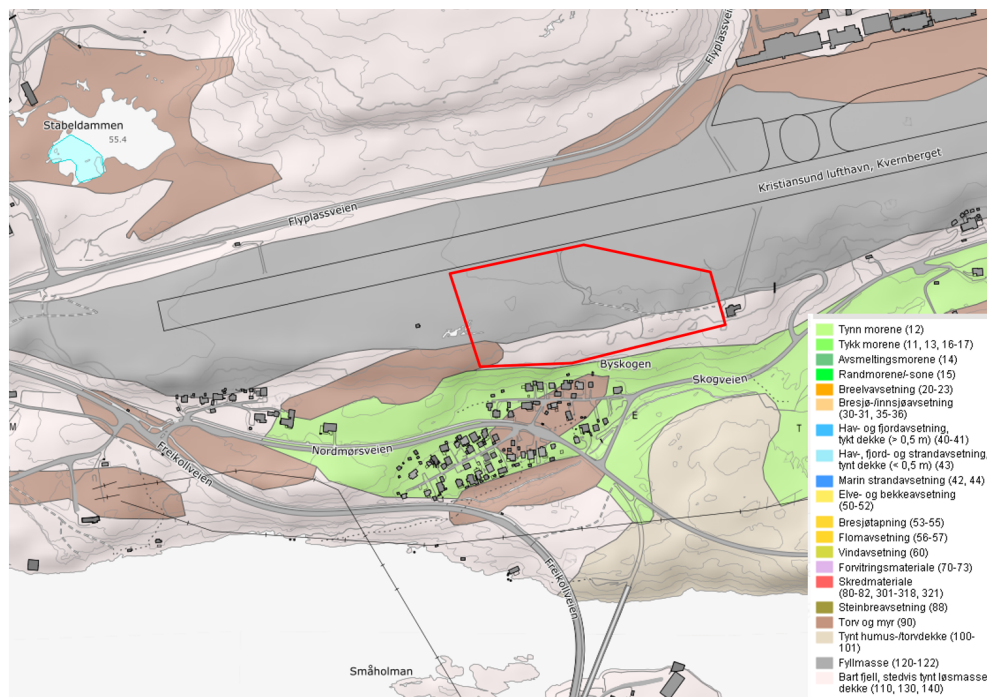
Figur 3 Utklipp fra høydata.no som viser prosjektområdet i skyggerelieff.



Figur 4 Utklipp fra høydedata.no der viser snitt 1 hvor terrenget falder for nord mod sør med to bratte skråninger. Dele av skråningen mod sør er i tiltaksområdet (markert med rødt).

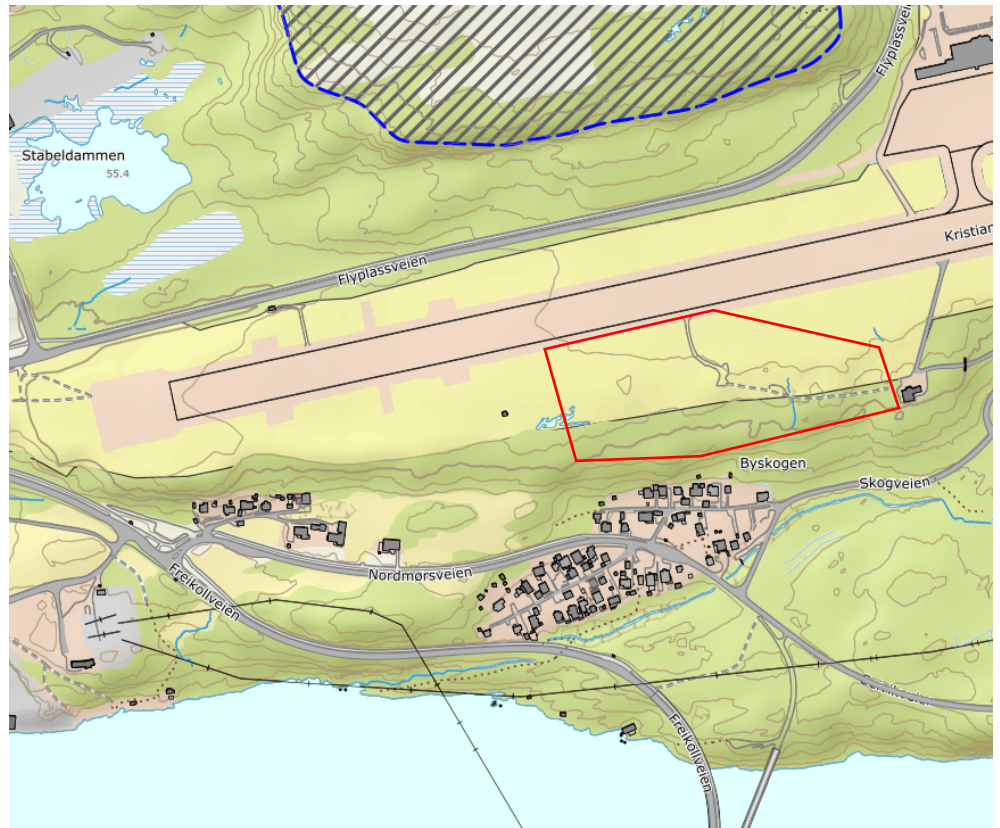
3.2 Kvartærgeologi og mulighet for marine leire

Kvartærgeologisk kart viser at tiltaksområdet overveiende består av fyllmasse, fjell i dagen og et lite område med torv og myr. Rett sør for området kan det forekomme usammenhengende morenemateriale eller i tynt dekke over berggrunnen.



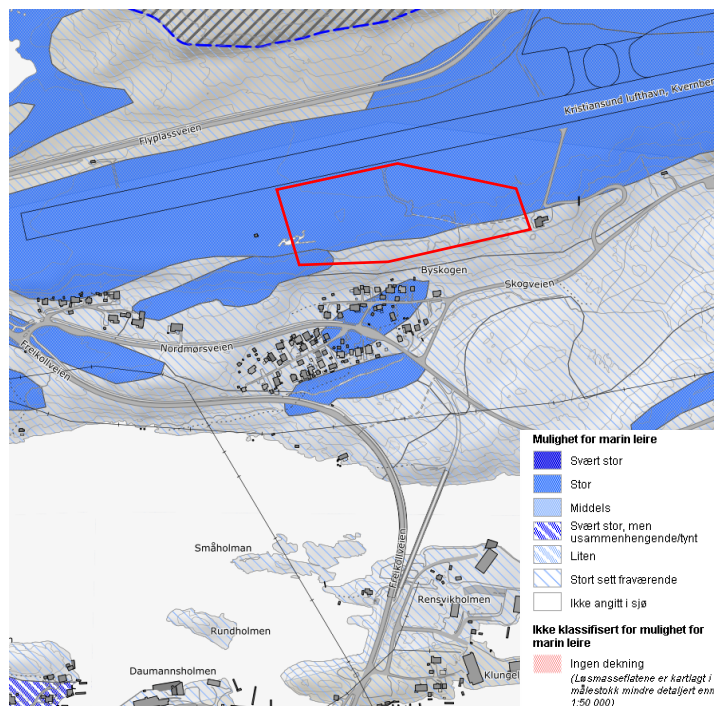
Figur 5 Utklipp fra NGU løsmasse kart som viser hvilke løsmasser det forventes i og ved prosjektmrådet, som er markert med rød ramme

Prosjektmrådet ligger under den marine grense. Derfor er det undersøkt om det er sannsynlig å treffe marine leire, herunder kvikkleire eller sprøbruddmateriale.



Figur 6 Utklipp fra NGU løsmasse kart som viser plassering av maringrense.
Prosjektområdet er markert med rød ramme og ligger under marin grense

Som det ses på Figur 7 ses det at der ser mulighet for å treffe marin leire i størsteparten av tiltaksområdet, hvorimot muligheten er stort sett fraværende i skråningen sør for området.



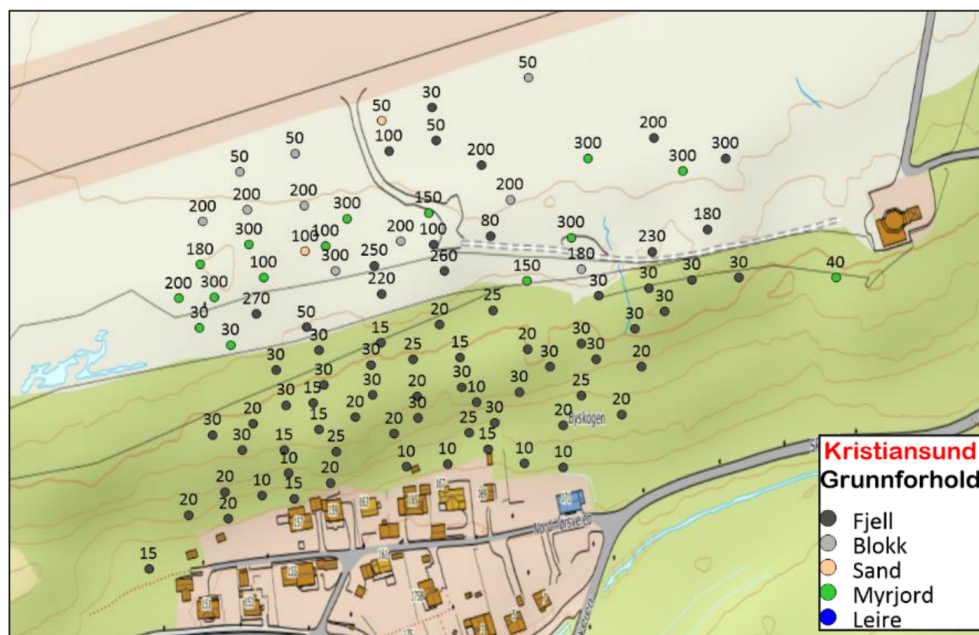
Figur 7

Utklipp fra NVE Atlas der viser at der er mulighet for marin leire under landingsbanen og i størsteparten av tiltaksområdet. I skråningen er muligheten for marin leire stort sett fraværende. Prosjekt området er markert med rød ramme.

4 Grunn og grunnvannsforhold

I dette avsnitt beskrives de forventede grunn- og grunnvannsforhold der er observert innenfor prosjektområdet på bakgrunn av de eksisterende informasjonen der foreligger.

Der er i forbindelse med prosjektet foretatt de prøvegravinger der ses på Figur 8.



Figur 8 Utklipp fra [4]. Grunnforhold ved prosjektområdet basert på prøvetaking utført i 2021-2023. Prøvetakingspunktene er angitt med fargekoder for grunnforhold i bunn av prøvepunktene. Gravedybde oppgitt i cm

4.1 Grunnforhold og dybde til berg

I forbindelse med dette prosjektet er der foretatt prøvegravinger der viser de løsmassene der treffes i tiltaksområdet.

Prøvegravingenes dybde varierer mellom 0,1-3m.

De fleste stedene treffes fjell mellom 0,1-2,7m under terreng, hvor andre steder er det foretatt gravinger til 3m under terreng uten å ramme fjell. Mot landingsbanen og mot skråningen treffes fjell i de fleste gravingene, hvorimot de dype gravingene uten å ramme fjell er foretatt midt imellom landingsbanen og skråningen mot sør.

Store deler av området har blitt fylt opp med sprengsteinsmasser ved etableringen av lufthavnen. På Figur 9 ses terrenget før etableringen av lufthavnen, hvor det tydelig ses, at der er fjell i dagen.

Prøvegravningene viser at mot landingsbanen i nord treffes det hovedsakelig sprengstein og store blokke. Mot sør treffes der fjell tett ved skråningen. Midt

imellom treffes det lokale områder med løsmasser bestående av sand, siltig sand, torv og myrjord. Det kan treffes olje i løsmassene.

Det er ikke registrert kvikkleire/sprøbruddmateriale i de utførte prøvegravninger.



Figur 9 Utklipp fra norgebilder.no hvor det ses fjell i dagen før etableringen av lufthavnen.

4.2 Grunnvannsforhold

I forbindelse med prøvegravningene er det funnet vann fra 0,3-1,6m under terreng, med til dels kraftig tilstrømning av vann. Det forventes at treffe et fritt vannspeil innfor det nivå der skal graves, som må håndteres i forbindelse med gjennomføringen utgravingen.

4.3 Geotekniske parametere

Det er ikke foretatt geotekniske undersøkelser av jordmassene. Med bakgrunn i jordbeskrivelsene i forbindelse med prøvegravningene fremgår konservative bud på styrkeparameterne av Tabell 1.

Styrkeparameter som benytte ved den videre prosjektering baseres på erfaringstall gitt i SVV Håndbok V220 [5].

Tabell 1 Styrkeparameter for de forventede avleiringer

Materiale	γ/γ' (kN/m ³)	ϕ' (°)	C_{uD} (kPa)	C_{uA} (kPa)	a (kPa)	c' (kPa)
Fyllmasser - Sprengstein	19/9	42	-	-	0	-
Myrjord/Torv	14/4	20	20	31	0	2
Sand	18/8	32	-	-	0	-

5 Natur påkjenning

I henhold til byggeteknisk forskrift kap. 7. [6] skal natur påkjenning for ethvert prosjekt ivaretas, herunder også områdestabilitet.

NVE atlas aktsomhetskart er kun basert på terrengdata og ikke felt observasjoner, og fanger dermed ikke opp mindre brattkanter og løse blokke. Der kan derfor være forskjell på NVE sine aktsomhetsområder og egentlig vurderinger av faresoner basert på felt observasjoner.

5.1 Flo og Flom

NVE atlas viser at prosjektområdet ikke er et aktsomhetsområde for stormflo og elveflom.

5.2 Skred i bratt terreng, snø og steinsprang samt jord og flomskred

I henhold til NVE atlas er prosjektområdet ikke i aktsomhetsområde for skred i bratt terreng, snø og steinsprang samt jord og flomskred. Der er registrert enkelte steinsprang i området omtrentlig 1km unna prosjektområdet.

5.3 Utredning av områdeskred

I henhold til NVEs veileder 1/2019 [3] må det gjøres en vurdering av områdestabilitet når et område ligger under den marine grensen og det dermed er risiko for kvikkleire/sprøbruddmateriale.

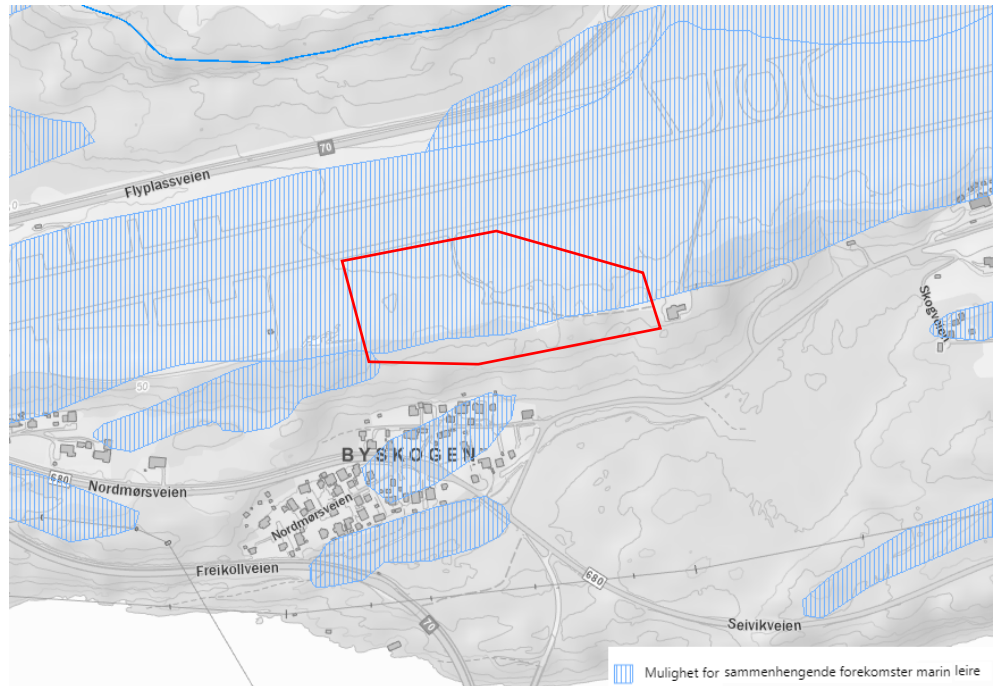
NVEs veileder 1/2019 [3] beskriver prosedyre for identifisering og avgrensning av kvikkleireområder.

5.3.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.

I henhold til NVE-atlas så er det ikke registrert kartlagte faresoner i eller omkring prosjektområdet. Nærmeste kartlagt faresone er over 10km unna.

5.3.2 Avgrens områder med marin leire

Området er under marine grense og det kan treffes sammenhengende forekomster av marin leire, som det ses på Figur 10.



Figur 10 Utklipp fra NVE-atlas der viser mulighet for sammenhengende forekomster av marin leire

5.3.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

Det vises til avsnitt 3.1 Topografi, hvor det ses at der mot nord og sør treffes terreng med brattere helning end 1:20 som i henhold til NVE veiledere 1/2019 [3] tilsier mulighet for områdeskred.

5.3.4 Bestem tiltakskategori

Dette prosjektet omfatter terrengendring og er derfor plassert i tiltakskategori K1 jf. NVEs veileder 1/2019 [3]

Sikkerhetskrav

Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene.

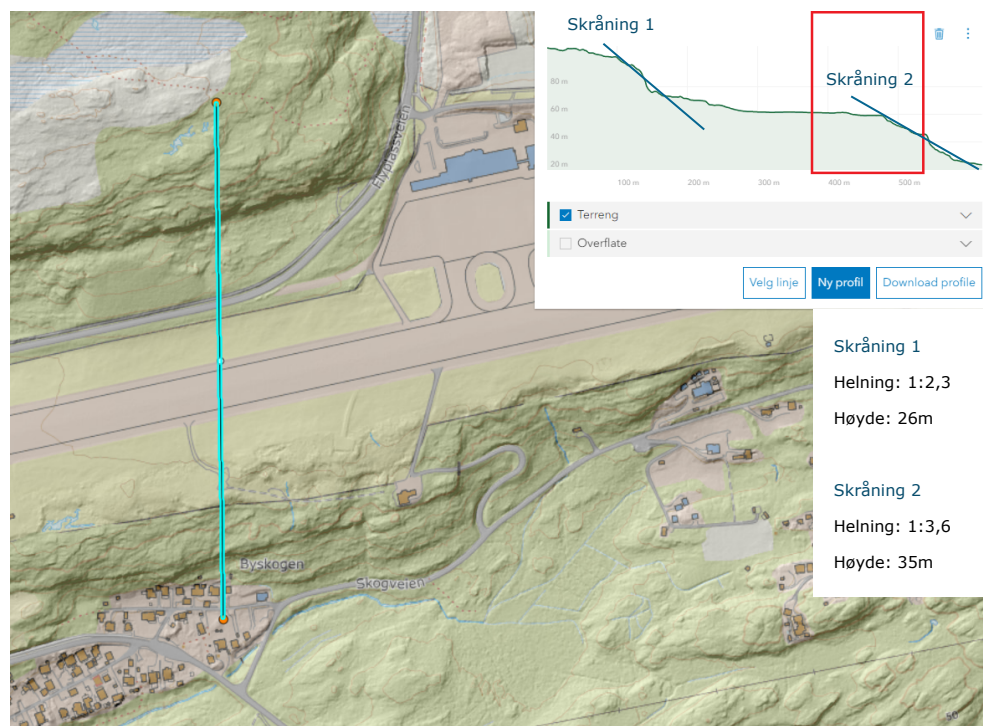
Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges.

Kvalitetssikring

Kvalitetssikring gjennomføres internt i foretaket.

5.3.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde

Det vises til avsnitt 3.1 Topografi, Figur 3. hvor to skråninger med brattere helning end 1:20 er identifisert hvor det potensielt er mulighet for områdeskred, i henhold til NVE veilederen 1/2019.



Figur 11 kopi av Figur 4, der viser helninger brattere end 1:20.

Utgravingen påvirker ikke skråning 1, da der er fjell i dagen i skråning 1, hvorfor der ikke er risiko for løsmasseskred.

Utgraving utføres i toppen av skråning 2, hvor der er fjell i dagen og. Dette fremgår av resultatene fra prøvegravingene som ses på Figur 8. I tiltaksplanen [4] ses det bilder fra befaringen, hvor der er fjell i dagen mange steder i skråningen sør for tiltaksområdet. Derfor er der ingen løsmasser der kan forårsake områdeskred.

Vurdering av riskonen for områdeskred er hermed i varetatt.

6 Frostfri dyp

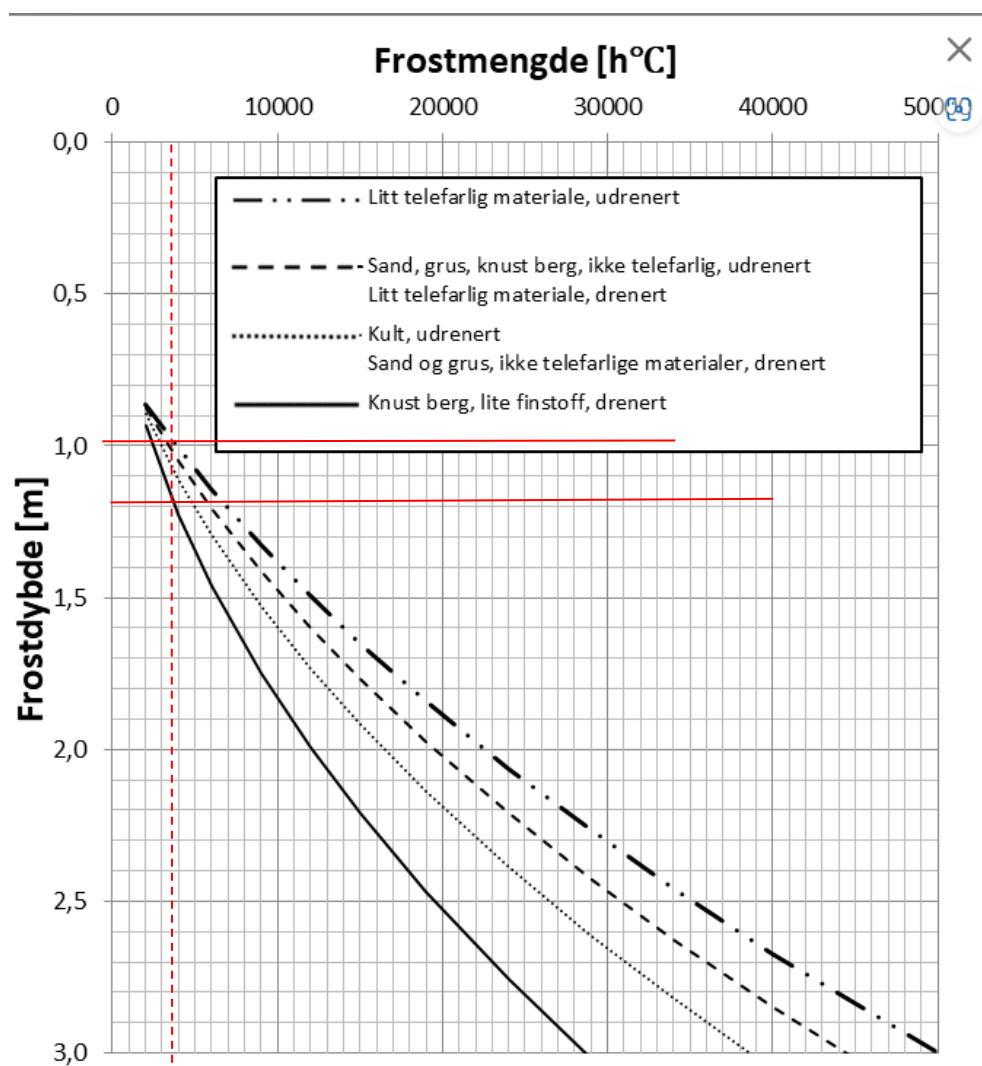
Det er gjort en vurdering av frostfridybde ved Kristiansund lufthavn

Frostfri dybde beregnes etter håndbokk N200 kap 3.2 [7]

Følgende parameter er brukt som grunnlag for dimensjonering:

- > Frostmengde $F_{100} = 3.335 \text{ h}^\circ\text{C}$ etter www.vegvesen.no/kart/visning/frostsonenkart
- > Årsmiddeltemperatur for strekningen er $7,17^\circ\text{C}$ etter www.vegvesen.no/kart/visning/arsmiddeltemperatur

Beregnet frostfridybde i området er mellom 1 og 1,2 m ved årsmiddeltemperatur på 4° avhengig av hvilke materialer det benyttes ved oppfylling.



Figur 12: Frostdybde ved frostsikring med knust berg, sand eller grus ved årsmiddeltemperatur 4°C

7 Prosjekterings forutsetninger

Følgende avsnitt inneholder generelle prosjekteringsforutsetninger for alle geotekniske vurderinger gjort i forbindelse med utgravingen.

Hensikten er å oppsummere de viktigste geotekniske dimensjoneringsforutsetninger og myndighetskrav som er aktuelt for dette tiltak.

Grunnforholdene for området hvor utgravingen skal utføres er beskrevet i kapittel 3.

Prosjektområdet er angitt på Figur 1.

Det samlede omfanget av informasjoner omkring grunnforholdene er vurdert som tilstrekkelig til å foreta geotekniske vurderinger omtalt i avsnitt 7.1.

7.1 Geotekniske oppgaver

Geotekniske vurderinger som utføres i forbindelse med utgraving av forurensset jord.

- > Vurdering av jordparameter
- > Vurdering av utførelsesmetode for utgraving, herunder utformingen av den frie utgraving og den nødvendige helningen for å sikre stabilitet
- > Håndtering av grunnvann under utførelsen

7.2 Regelverker

- > PBL: Plan og bygningsloven. [1]
- > Byggeteknisk forskrift 2017 (TEK17). [6]
- > Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE). Veileder nr 1 - 2019- Sikkerhet mot kvikkleireskred. [3]
- > NS/EN 1997-1:2004+NA:2016 Geoteknisk prosjektering del 1: Allmenne regler (Eurokode 7) Norsk Standard, 2016. [8]
- > NS/EN 1990:2002+NA:2016 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner (Eurokode 0) Norsk Standard, 2016. [9]
- > Byggesaksforskriften (SAK 10). Direktoratet for byggekvalitet [2]

7.3 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 [10] stiller krav til prosjektering ut fra ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

Dette prosjektet innebærer utgraving av forurenset jord opp til ca. 4m under terreng

Utgravingen skal overveiende utføres i fyllmasser av sprengstein og myrmasser. I de fleste prøvegravingene som er foretatt er der fjell i dagen eller fjell innenfor 3m under terreng.

Det skal graves under grunnvannsspeilet, men det forventes å holde utgravingen tør under utførelsen.

På bakgrunn av ovenstående vurdering velges krav til prosjektering i henhold til **geoteknisk kategori 2**.

7.4 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC)

NS-EN 1990:2002+NA:2016 [9] definerer plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/CR).

Det velges CC1 jf. Tabell NA.A1 [9] på grunn av liten konsekvens av skred og at der anvendes anerkjente og velprøvde metoder for utgraving og beregninger. Det treffes ikke bygninger eller veie i nærheten av prosjekt området og det antas at det ikke lander eller letter fly mens det graves.

Pålitelighetsklasse RC1 knyttes til konsekvensklasse CC1 jf. [9].

Tabell NA.A1(901) – Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse ²⁾ (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Dammer			x	(x)
Marine konstruksjoner for petroleumsindustrien			x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller ¹⁾		(x)	x	(x)
Veg- og jernbanebruer			x	
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentre, forsamlingslokaler, osv.)		(x)	x	
Kai- og havneanlegg		x	(x)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer		x	(x)	
Industrianlegg		x	(x)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	
Oppdrettsanlegg		x	(x)	
Landbruksbygg	(x)	x		
Feste av kledninger, taktekking og lignende komponenter	x	(x)		
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold ¹⁾	x	(x)		
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus osv.	x			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x			

¹⁾ Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.
²⁾ Kryss uten parentes angir normalt valg av pålitelighetsklasse.

Figur 13 Tabell NA.A1 - Pålitelighetsklasse

7.5 Prosjekteringskontroll

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [9] gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. I henhold til tabell NA.A1 (902) innebærer dette at det for prosjekteringskontroll av geotekniske arbeider kan forutsettes kontrollklasse **PKK1** for denne utgravingen.

Prosjekteringskontrollklasse **PKK1** innebærer at det utføres egenkontroll.

Efter COWI sine kvalitetsikrings regler kreves det alltid intern systematisk og regelmessig kontroll ved bruk av sjekklistene.

Tabell 2 Prosjekteringskontroll etter Eurokode 0 (Tabell NA.A1(902)). Prosjektets innplassering er angitt med rød ramme.

Tabell NA.A1(902) – Valg av prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering

Valg av prosjekteringskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste prosjekteringskontrollklasse	Egenkontroll (DSL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (DSL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (DSL 3) ¹⁾
1	PKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	PKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	PKK3	kreves	kreves	kreves
4	Skal spesifiseres	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B4 (informativ tillegg B) for betegnelsen DSL.
²⁾ Det kan velges høyere prosjekteringskontrollklasse.

7.6 Tiltaksklasse

SAK10 [2] krever at tiltak inndeles i tiltaksklasse. i avsnitt §9-3 "Fastsettelse av tiltaksklasser", vurderes prosjektet plassert i tiltaksklasse 1.

I avsnitt §14-2 " Obligatoriske krav om uavhengig kontroll" angis det at det ikke kreves kontroll av geoteknikk i tiltaksklasse 1.

7.7 Utførelseskontroll

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 [9] angir at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse PKK1 skal minste utførelseskontrollklasse være **UKK1**.

Utførelseskontrollklasse **UKK1** innebærer krav til Basis kontroll. Dette utføres i byggherres regi.

Tabell 3 Utførelseskontrollklasse etter Eurokode 0 (Tabell NA.A1(903)). Prosjektets innplassering er angitt med rød ramme

Tabell NA.A1(903) – Valg av utførelseskontrollklasse og krav til kontrollform ved utførelse

Valg av utførelseskontrollklasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighetsklasse	Minste utførelseskontrollklasse	Egenkontroll (IL 1) ¹⁾	Intern systematisk kontroll (IL 2) ¹⁾	Utvidet kontroll (IL 3) ¹⁾
1	UKK1 ²⁾	kreves	kreves ikke	kreves ikke
2	UKK2 ²⁾	kreves	kreves	kreves
3	UKK3	kreves	kreves	kreves
4	UKK3, eventuelt med tilleggsbestemmelser	kreves	kreves	kreves

¹⁾ Se punkt B5 (informativ tillegg B) for betegnelse IL.
²⁾ Det kan velges høyere utførelseskontrollklasse.

7.8 Partial- og korrelasjonsfaktorer

For dimensjonering av utgravingene kreves en materialfaktor på $\gamma_M = 1,40$ for totalspenningsanalyse og $\gamma_M = 1,25$ effektivspenningsanalyse, jf. NS/EN 1997-1:2004+NA:2016. [10]

Tabell 4 Materialefaktorer γ_M ved geoteknisk prosjektering i drenert og udrenert situasjon.

Tabell NA.A.4 – Partialfaktorer for jordparametere (γ_M)^d

Jordparameter	Symbol	Sett ^{b, c}	
		M1	M2
Friksjonsvinkel ^a	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Effektiv kohesjon	γ_c'	1,0	1,25
Udrenert skjærfasthet	γ_{cu}	1,0	1,4
Enaksial fasthet	γ_{qu}	1,0	1,4
Tyngdetetthet	γ_t	1,0	1,0

a Denne partialfaktoren gjelder for tan φ' .
 b Der det er mer ugunstig, skal karakteristisk styrke av jord multipliseres med partialfaktoren.
 c Partialfaktoren økes ut over ovenstående verdier når faren for progressiv bruddutvikling i sprøbruddmaterialer anses å være til stede.
 d Ved stabilitetsanalyse av en skråning uten prosjektert tiltak vil det være tilfeller der en for større områder kan ha en lavere beregnet sikkerhetsfaktor enn partialfaktoren i tabellen. Med større områder menes et område som kan rase ut, som er større enn området det planlagte tiltaket dekker, hvis det går et initialskred. Dersom sikringstiltak for å oppnå stabilitet i henhold til verdier i tabellen ikke er praktisk gjennomførbare eller utløser uforholdsmessige inngrep, kan det vurderes om det er forsvarlig å legge til grunn et prinsipp om prosentvis forbedring for området i stedet for krav til gjeldende partialfaktor.

En slik vurdering skal minst inneholde dokumentasjon av følgende:

- omfang av sikringstiltak;
- robusthet mot uventet lastendring;
- robusthet som ivaretar modellusikkerhet;
- mulige konsekvenser av brudd;
- mulige samfunnsmessige konsekvenser av at et planlagt tiltak ikke blir gjennomført.

Vurderingen skal kontrolleres av et uavhengig foretak før videre prosjektering av tiltaket utføres.

Hvis vurderingen tilsier at prosentvis forbedring kan brukes for et større område, skal det gjennomføres utvidet kontroll av prosjekteringen (PKK3) og utførelse (UKK3) i henhold til pålitelighetsklasse 3 (se nasjonalt tillegg til NS-EN 1990).

Forut for en slik vurdering forutsettes det at

- topografi er godt kartlagt og dokumentert;
- grunnforholdene og fasthetsegenskapene er tilstrekkelig kartlagt og dokumentert med hensyn til eventuell variasjon;
- det prosjekterte tiltakets anleggstekniske gjennomførbarhet er vurdert og dokumentert.

Prosentvis forbedring av stabilitet skal kun gjøres med topografiske tiltak, eventuelt kombinert med masseutskifting til lettere masser.

8 Geoteknisk prosjektering

Prosjektet er beskrevet i avsnitt 2.2 Prosjekt.

I forbindelse med utgravingen av forurenset jord gjøres det en vurdering med hvilken helning utgravingen skal foretas for å sikre stabiliteten.

8.1 Utgraving av forurenset jord

Den vurderte mengde der trengs graves bort er 19 000 m³ og utgravingen skal foretas til en dybde på ca. 1-3m. Dog kan det være nødvendig å grave noe dypere hvor jorden fortsatt er forurenset. Det antas en maksimal gravedybde på 4m.

Utgravingsdybden varierer i området fra 1m til 4m, hvor der graves til en dybde på 1m tettest på landingsbanen og 4m tettest på skråningen.

8.1.1 Stabilitetsberegning

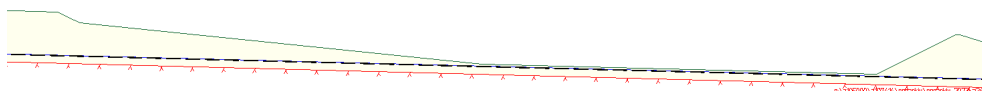
På grunn av vanskelig identifisering av jordlag foretas der tre beregninger med utgangspunkt i tre ulike jordarter: myrjord, sand og sprengstein.

Fjell antas å treffes på 5m under terren som det dypeste, dog kan det treffes fjell i mindre dybde de fleste stedene.

Grunnvann antas å bli senket til under utgravingsnivå, se avsnitt 4.2.

Hele utgravingen kan ses på Figur 14, hvor der regnes på den kritiske skråningen mot høyre. Mot venstre er utgravingen 1m og derfor ikke kritisk.

Der regnes ikke med en overflatelast på toppen av skråningen, da gravemaskinen ikke forventes å grave fra toppen av skråningen mot sør (høyre).



Figur 14 Utgravingsprofil

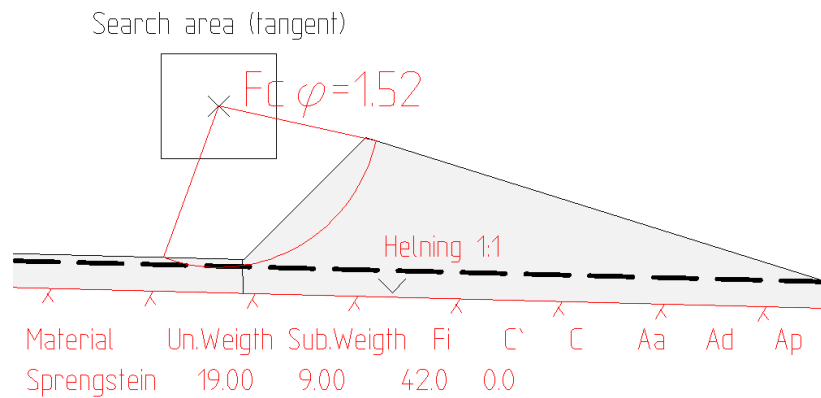
Den nødvendige helningen på graveskråningen varierer av de jordmassene der treffes.

Treffes det sprengstein kan det graves med en helning slakkere end 1:1

Treffes det sand kan det graves med en helning slakkere end 1:2

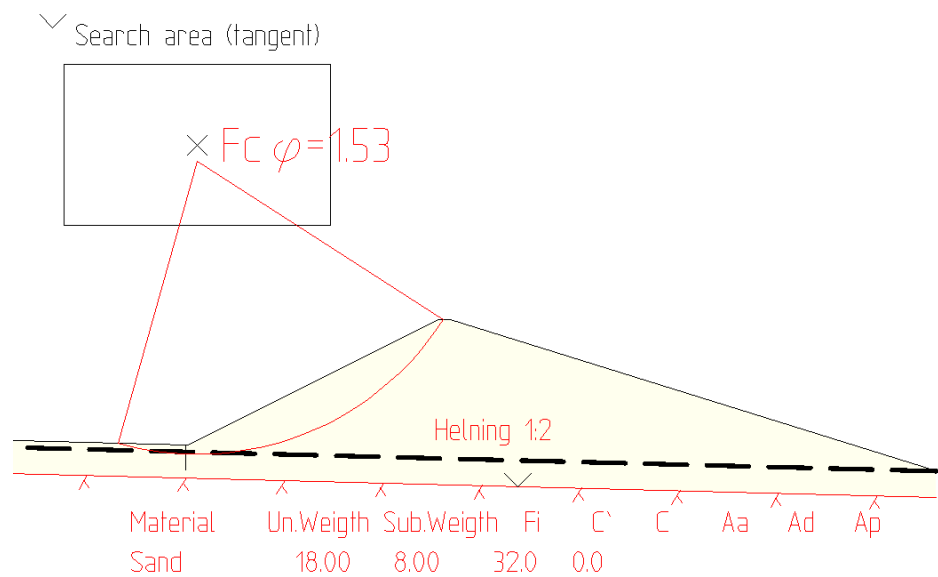
Treffes det myrjord kan det graves med en helning slakkere end 1:2,5

Sprengstein



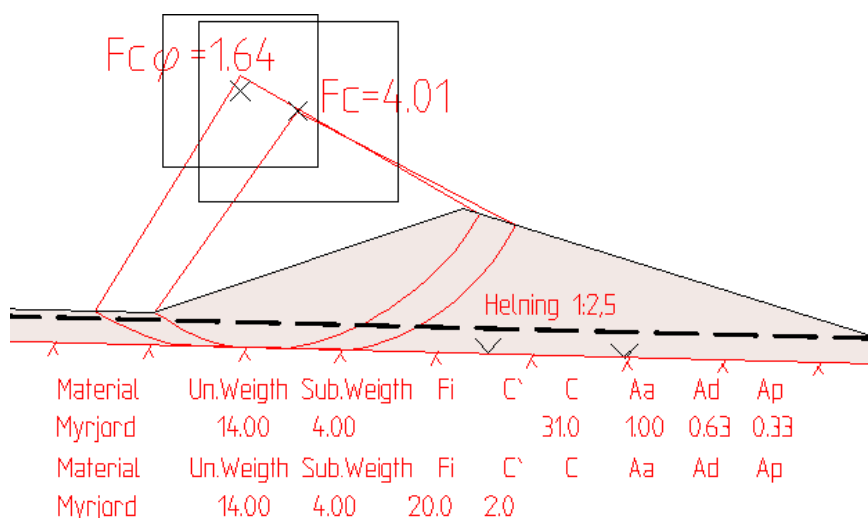
Figur 15 Utklipp fra Geosuite stability, som viser resultat av beregninger gjennomført for sprengstein i massene over fjell. Helningen er 1:1

Sand



Figur 16 Utklipp fra Geosuite stability, som viser resultat av beregninger sand i massene over fjell. Helningen er 1:2

Myrjord



Figur 17 Utklipp fra Geosuite stability, som viser resultat av beregninger gjennomført for myrjord i massene over fjell. Helningen er 1:2,5

Det er gjort stabilitetsberegninger som viser at det oppnås sikkerhetsfaktorer mellom $F_{c\phi} = 1,52$ og $F_{c\phi} = 1,64$ for effektiv spenningsanalyse og $F_c = 4,01$ for totalspenningsanalyse. Sikkerhetskravet angitt i avsnitt 7.8 er derfor overholdt.

8.1.2 Håndtering av grunnvann

For å sikre en stabil utgraving trengs det å senke grunnvannet til under utgravingsnivå under utførelsen. Under prøvegravingene er der forekommet mye tilstrømning av vann, hvorfor det vurderes at lensepumpning ikke kan antas å ha tilstrekkelig pumpekapasitet. Det må etableres et sugespissanlegg for å sikre tør utgraving.

Det kan bli nødvendig med avskjermning hvis senkningsradius har for stor innvirkning på området. Det må vurderes at hydrogeolog hva det kan forventes av senkningsradius. Heretter kan det vurderes om det er skadelig for myr området og om det må gjøres ytterlig tiltak.

For nøyaktig vurdering om kapasiteten av et grunnvannssenkingsanlegg trengs dimensjonering av en hydrogeolog.

9 Prosjektgjennomføring

I forbindelse med utgravingen må alle oppgravede masser kjøres bort eller plasseres i avstand fra grøftetoppen svarende til minimum 2 gange gravedybden.

Utgravingsnivå er estimert på bakgrunn av vurdert utstrekning av forurenset jord. Hvis det trengs at grav ut dypere, må stabiliteten av den kritiske skråningen sikres.

9.1 Tilbake fylling av masser

I forbindelse med oppfylling av utgravingen anbefales det å anvende frostsikremasser.

Det anbefales også, at hvor det graves tettest på eksisterende landingsbane fylles det opp løpende med samfengt sprengestein med topplag av kult og avretning eksempelvis 0-32 minimum til en avstand svarende til 5 m fra asfaltkanten av landingsbanene, slik at utgravingen ikke står åpen når dagen er slutt.

10 Punkter der må kontrolleres under utførelse

I forbindelse med gjennomføring av utgraving for opprensing av forurenset masser skal følgende som minimum kontrolleres.

- 1 At det innen igangsettelse utarbeides arbeidsbeskrivelse, graveplan, snitt og SHA plan.
- 2 At det graves med riktig utslag på graveskråningene. Maks. gravedybde, skråningsutslag på 1:1 – 1:2,5 avhengig av masser det finnes i grunnen.
- 3 At grunnforholdene er som beskrevet i denne rapport
- 4 At utgravingen holdes fri for vann når de står åpne
- 5 At det sikres at eventuell anleggstrafikk holdes minimum 1 meter fra kanten av utgraving og at det ikke legges opp grave masser på siden av grøftetraseene, men at disse kjøres bort eller plasseres minimum i en avstand svarende til 2 gange gravedybden.
- 6 At det tilbake fylles med masser i henhold til prosjekttegninger
- 7 Det sikres at det føres logg og det fylles ut sjekklister eller tilsvarende egenkontroll iht. entreprenøren kvalitetssikringssystem

11 References

- [1] »Kommunal - moderniseringsdepartementet, PBL, plan og bygningsloven«.
- [2] »Byggesaksforskrift (SAK10). Direktoratet for byggekvallitet«.
- [3] »NVE, Veileder nr 1 - 2019 - Sikkerhet mot kvikkleired«.
- [4] Tiltaksplan for PFAS-forurensset grunn som følge av brannøving - COWI.
- [5] »Statens Vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk vegbygging«.
- [6] »Direktoratet for byggekvallitet. Byggeteknisk forskrift Tek 17, 2017«.
- [7] Statens Vegvesen, Håndbok N200 Veibygging , Veidirektoratet 2021.
- [8] »NS/EN 1997-1:2004+NA:2020, geotekniskprosjekteringdel 1, Allmene regler /Eurokode7) Norsk Standard, 2016«.
- [9] »NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner«.
- [10] »NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020: Geoteknisk prosjektering Allmene regler«.
- [11] »SVV Håndbok N400, år 2023«.