Tussa Energi AS, Linja AS

Tussa kraftverk

Geoteknisk vurderingsrapport

Oppdragsnr.: **52406523** Dokumentnr.: **RA-RIG-02** Versjon: **J01** Dato: **2026-03-04**



Norconsult

Oppdragsgiver:	Tussa Energi AS og Linja AS
Oppdragsgivers kontaktperson:	Arild Høydal
Rådgiver:	Norconsult Norge AS
Oppdragsleder:	Øystein Rønningen
Fagansvarlig:	Simone Dorigato (Geotekniker)
Andre nøkkelpersoner:	Ingelin Gjengedal (Geotekniker)

Emneord	Geotekniske grunnundersøkelser	
Fylke	Møre og Romsdal	
Kommune	Volda Kommune	
Sted	Bjørke	
Koordinatsystem	UTM32	
Høydesystem	NN2000	
Prosjektkoordinater	**Nord:** 6887904	**Øst:** 372920

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J01	2026-03-04	For bruk	SiDor	INGGJ	OEYROE

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

Innhold

1 Innledning 4
1.1 Løsmassekart 5
1.2 NVE Atlas 5
2 Feltarbeid 6
2.1 Registrerte grunnforhold 7
2.1.1 KRAFTVERK-PORTALEN 7
2.1.2 TRAFOSTASJON-DEPONI 8
2.2 Grunnvannstand 9
3 Sikkerhet mot naturpåkjenninger 10
3.1 Flom og flo 10
3.1.1 Skred 10
4 Sikkerhetsvurdering 13
4.1 Regelverk 13
4.2 Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og tiltaksklasse 13
4.3 Materialstyrke 14
4.4 Dimensjonering for seismisk påvirkning 14
4.5 Nyttelaster og partialfaktorer for påvirkning 15
4.6 Løsmasseparametre for stabilitetsberegninger 15
4.7 Vannstand 16
5 Stabilitetsberegninger 16
5.1 Beregningsresultater 16
6 Fundamenteringsforhold 18
6.1 Fundamentering 18
6.2 Drenering 19
6.3 Frostdybden 19
6.4 Setninger 19
7 Referanser 20

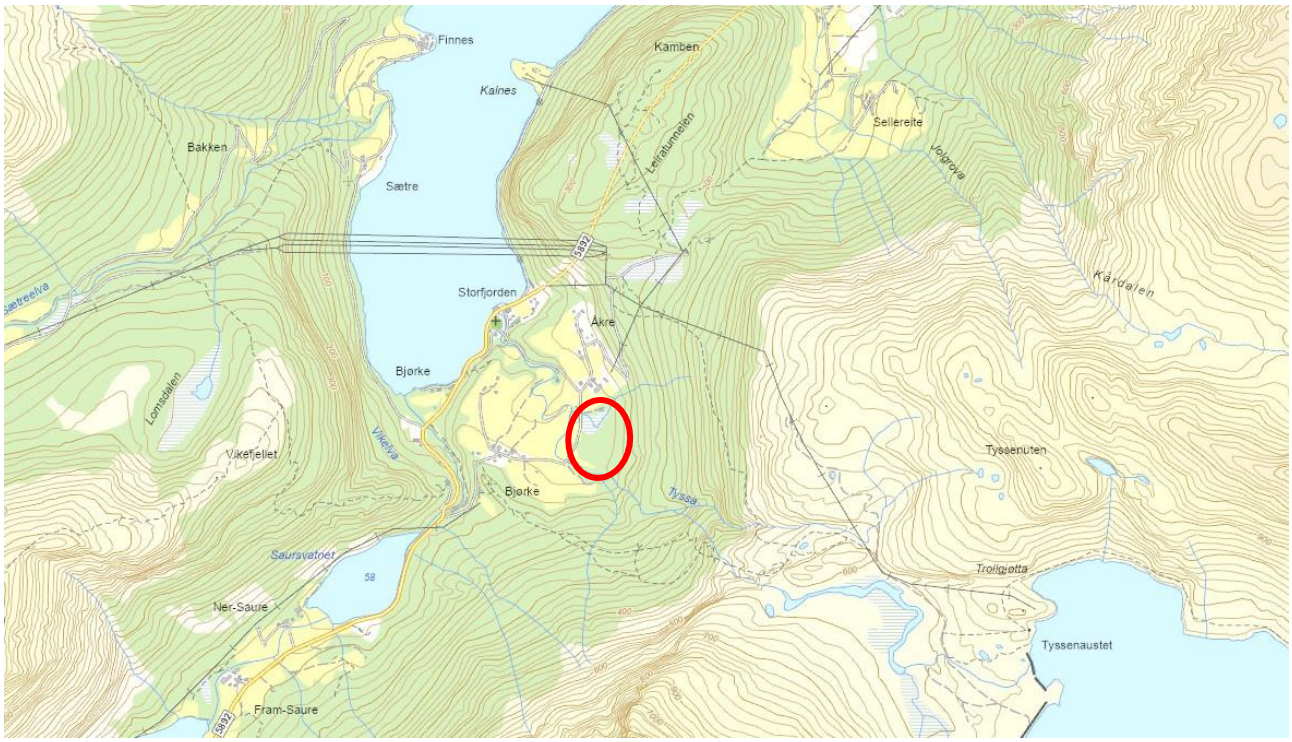
Tegninger

Innhold	Format	Målestokk	Tegn.nr.
Oversikt	A3	1:1000	V400
Stabilitetsanalyser Profil A-A med fylling kote +68	A3	1:1000	V401
Stabilitetsanalyser Profil A-A med fylling kote +75	A3	1:1000	V402
Stabilitetsanalyser Profil B-B med fylling kote +68	A3	1:1000	V403
Stabilitetsanalyser Profil B-B med fylling kote +75	A3	1:1000	V404

1 Innledning

Norconsult Norge AS er engasjert av Tussa Energi AS og Linja AS for å vurdere fare for kvikkleireskred og kontrollere lokal stabilitet i forbindelse med planlegging av en ny transformatorstasjon med luftisolert koblingsanlegg og et midlertidig deponi av sprengsteiner i Bjørke i Volda kommune.

Formålet med denne rapporten er å presentere de geotekniske vurderingene som er gjort. Geoteknisk prosjektering er ikke behandlet her.

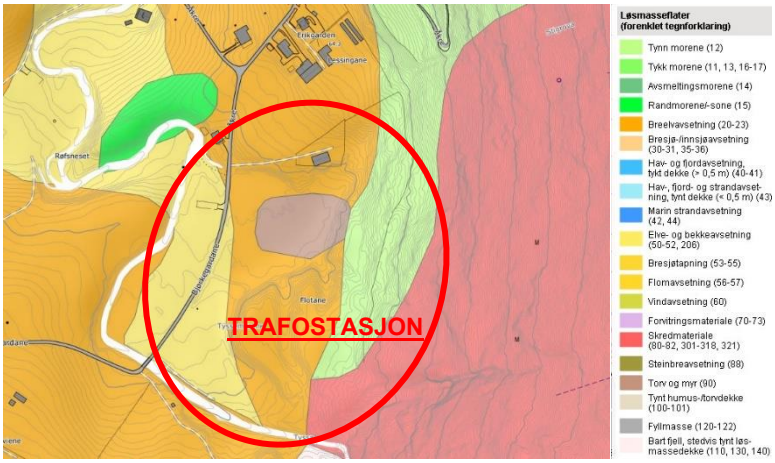


Figur 1 Oversiktskart. Rød ellipse viser tiltakets plassering. **∧ Nord** GisLink karttjeneste

1.1 Løsmassekart

NGUs løsmassekart (med egnet målestokk 1:50 000) i figur 2 indikerer at løsmassene innen det aktuelle tiltaksområdet består av «Breelvavsetning (Glasifluvial avsetning)» og «Elve- og bekkeavsetning (Fluvial avsetning)». Mot øst «Morenemateriale, usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen» og «Skredmateriale, usammenhengende eller tynt dekke».

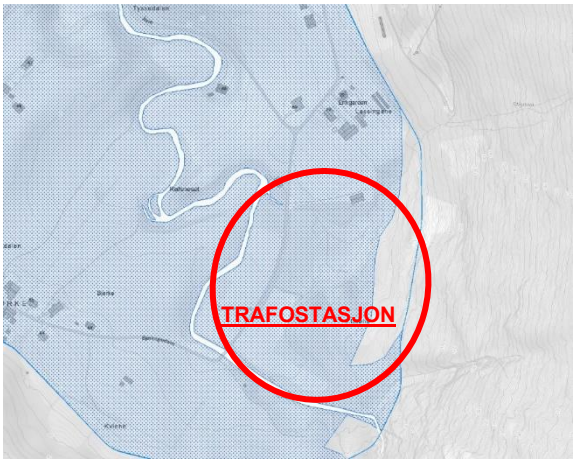
Løsmassekartet til NGU gir kun en indikasjon av et øvre lag i jordprofilet. For å få kjennskap til grunnens egenskaper i dybden er det nødvendig med geotekniske grunnundersøkelser.



Figur 2: NGUs løsmassekart, NGU – karttjeneste, tilgjengelig fra: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. Det aktuelle tiltaksområdet er indikert med rød ellipse. **∧ Nord**

1.2 NVE Atlas

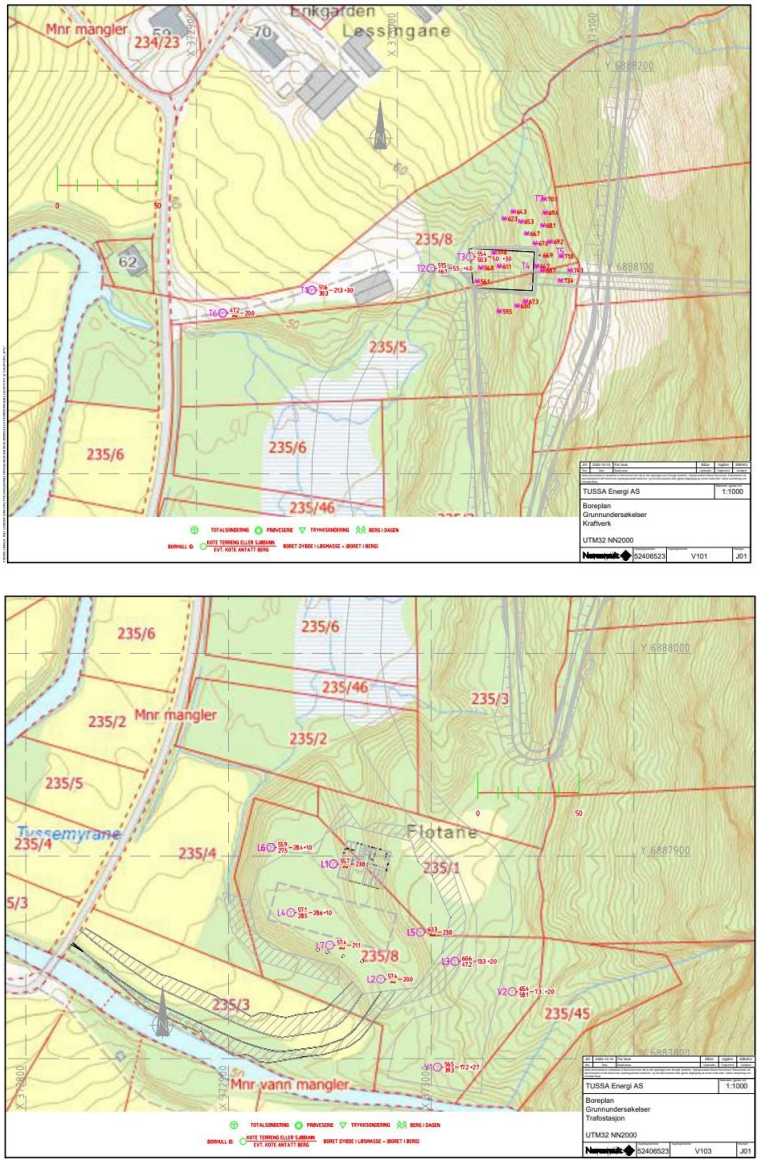
Ifølge NVE Atlas sine aktsomhetskart for kvikkleire, faller tiltaksområdet stort sett innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred, indikert med blå tegnsetting i figur 3. De aktuelle områdene ligger under marin grense. Utførte grunnundersøkelser viser ikke sprøbruddmateriale i dybden/over berg.



Figur 3: Aktsomhetskart fra NVE Atlas, NVE atlas – karttjeneste, tilgjengelig fra: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#. Det aktuelle tiltaksområdene er indikert med rød ellipse. **∧ Nord**

2 Feltarbeid

Norconsult Boreteknikk AS utførte i uke 44-46-2025 geotekniske grunnundersøkelser i området. Det ble utført grunnundersøkelser i 13 posisjoner med geoteknisk prøvetaking i 3 posisjoner. Boreposisjonene er markert som T1-T3 og T6, L1-L7 og V1-V2. Det er registrert berg i dagen i posisjonene T4, T5 og T7. Registrering av fjellknauser er markert på tegninger V100-V103 i datarapporten RA-RIG-01 fra Norconsult Norge AS.



Figur 4: Boreplan V101 og V103 fra datarapport RA-RIG-01.

2.1 Registrerte grunnforhold

2.1.1 KRAFTVERK-PORTALEN

Beskrivelse av boremotstand ved totalsondering:

Boreposisjon T1 (vist i tegning nr. V104 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon T1 beskrives fra terrengnivå som:

- Faste til meget masser, antatt grusige masser med mektighet på ca. 1,0 m.
- Middels faste masser med mektighet på ca. 2,0 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand over antatt berg.

I posisjon T1 er det registrert antatt berg på 21,3 meters dybde.

I posisjon T1 er det tatt opp naverprøver fra 1,0 til 4.0 meter. Ut ifra visuelle beskrivelser og laboratorieanalyser på opptatte prøver beskrives massene fra toppen som fast leirig sandig silt. Registrert vanninnhold (w) på 2,0-3,0 meters dybde er 28 %.

Boreposisjon T2 (vist i tegning nr. V104 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon T2 beskrives fra terrengnivå som:

- Faste til meget masser, antatt grusige masser med mektighet på ca. 1,0 m.
- Middels faste masser med mektighet på ca. 2,0 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand over antatt berg.

I posisjon T2 er det registrert antatt berg på 5,5 meters dybde.

Boreposisjon T3 (vist i tegning nr. V104 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon T3 beskrives fra terrengnivå som:

- Bløte/løst lagrede masser med mektighet på ca. 1,0 m, antatt organiske masser.
- Middels faste til meget faste masser med mektighet på ca. 2,0 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand over antatt berg.

I posisjon T3 er det registrert antatt berg på 5,0 meters dybde.

Boreposisjon T6 (vist i tegning nr. V104 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon T2 beskrives fra terrengnivå som:

- Middels faste masser med mektighet på ca. 2,0 m, antatt fylling.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand til 20 meters dybde.

Det er ikke registrert berg i posisjon T2.

Øst for posisjon T3 ble det registrert berg i dagen som vist i tabellen nedenfor og på tegning V102.

2.1.2 **TRAFOSTASJON-DEPONI**

Beskrivelse av boremotstand ved totalsondering:

Boreposisjon V1 (vist i tegning nr. V108 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon V1 beskrives fra terrengnivå som:

- Faste til meget faste masser med mektighet på ca. 1,5 m.
- Bløte/løst lagrede masser med mektighet på ca. 1,5 m.
- Middels faste til meget faste masser med mektighet på ca. 4,5 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand over antatt berg.

I posisjon V1 er det registrert antatt berg på 17,2 meters dybde.

Boreposisjon V2 (vist i tegning nr. V108 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon V2 beskrives fra terrengnivå som:

- Faste til meget masser med mektighet på ca. 0,5 m.
- Middels faste til meget faste masser med lag av fastere masser og steiner, med mektighet på ca. 5,0 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand over antatt berg.

I posisjon V2 er det registrert antatt berg på 7,3 meters dybde.

Boreposisjon L1 (vist i tegning nr. V106 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjoner beskrives fra terrengnivå som:

- Meget faste masser med mektighet på ca. 1,7 m.
- Middels faste masser med mektighet på ca. 5,8 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand med mektighet på ca. 4,3 m.
- Middels faste til meget faste masser

Det er ikke registrert berg i posisjonen L1.

Boreposisjoner L2, L3 og L5 (vist i tegning nr. V105-V106 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjoner beskrives fra terrengnivå som:

- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand.

I posisjon L3 er det registrert antatt berg på 13,3 meters dybde. Det er ikke registrert berg i posisjonene L2 og L5.

Boreposisjon L7 (vist i tegning nr. V107 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjon L7 beskrives fra terrengnivå som:

- Meget faste masser med mektighet på ca. 2,7 m.
- Middels faste til meget faste masser med mektighet på ca. 1,7 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand.

Det er ikke registrert berg i posisjon L7.

Boreposisjoner L4 og L6 (vist i tegning nr. V106-V107 i rapport RA-RIG-01).

Ut fra boremotstand ved totalsonderinger kan posisjoner beskrives fra terrengnivå som:

- Meget faste masser med mektighet på ca. 1,5-1,7 m.
- Middels faste masser med mektighet på ca. 4,8-5,0 m.
- Meget faste masser med tynne lag med lavere motstand med mektighet på ca. 5,0-8,3 m.
- Middels faste til meget faste masser med mektighet over berg.

I posisjon L4 er det registrert antatt berg på 28,6 meters dybde og 28,4 meters dybde i posisjon L6.

I posisjon L4 er det tatt opp naverprøver fra 1,0 til 4.0 meter. Ut ifra visuelle beskrivelser og laboratorieanalyser på opptatte prøver beskrives massene fra toppen som sandig grusig materiale. Registrert vanninnhold (w) på 2,0-3,0 meters dybde er 5,4 %.

I posisjon L6 er det tatt opp naverprøver fra 1,0 til 6.0 meter. Ut ifra visuelle beskrivelser og laboratorieanalyser på opptatte prøver beskrives massene fra toppen som sandig grusig materiale. Registrert vanninnhold (w) på 2,0-3,0 meters dybde er 6,5 % og på 4,0-5,0 meters dybde er 8,2 %.

Presisering: Det må presiseres at informasjonen fra feltarbeidet strengt tatt bare er gyldig i de undersøkte posisjonene. Avvik i grunnforhold i områdene rundt og mellom de undersøkte posisjonene kan ikke utelukkes. Resultatet må derfor ikke anvendes ukritisk.

2.2 Grunnvannstand

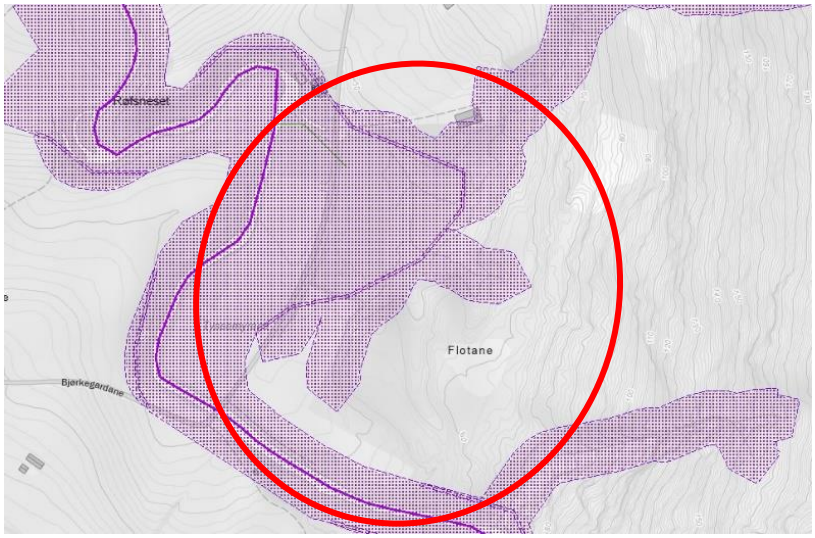
Det er ikke observert vann i de undersøkte posisjonene.

3 Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til plan- og bygningsloven, §28.1, kan grunn bare bebygges, eller eiendom opprettes/endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak. Kapittel 7 i byggeteknisk forskrift (TEK17) omfatter krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger fra flom, stormflo og skred ved regulering og bygging i fareområder.

3.1 Flom og flo

Ifølge NVE Atlas faller det aktuelle tiltaksområdet delvis innenfor aktsomhetsområde for flom, indikert med lilla tegnsetting. Fare for flom er ikke vurdert her.



Figur 5: Aktsomhetskart fra NVE Atlas, NVE atlas – karttjeneste, tilgjengelig fra: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#. Det aktuelle tiltaksområdene er indikert med rød ellipse.
∧ Nord

3.1.1 Skred

Kravene i byggeteknisk forskrift gjelder alle typer skred, for eksempel skred i fast fjell, løsmasseskred og snøskred.

3.1.1.1 Snøskred

Ifølge NVE Atlas ligger tomta delvis innenfor utløpsområde for snøskred indikert med lyseblå skravur og innenfor aktsomhetsområde for snøskred indikert med rød skravur i Figur 6. Fare for snøskred er ikke vurdert i dette rapporten.



Figur 6: Aktsomhetskart fra NVE Atlas, NVE atlas – karttjeneste, tilgjengelig fra: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#. Det aktuelle tiltaksområdene er indikert med rød ellipse.
∧ Nord

3.1.1.2 Steinsprang

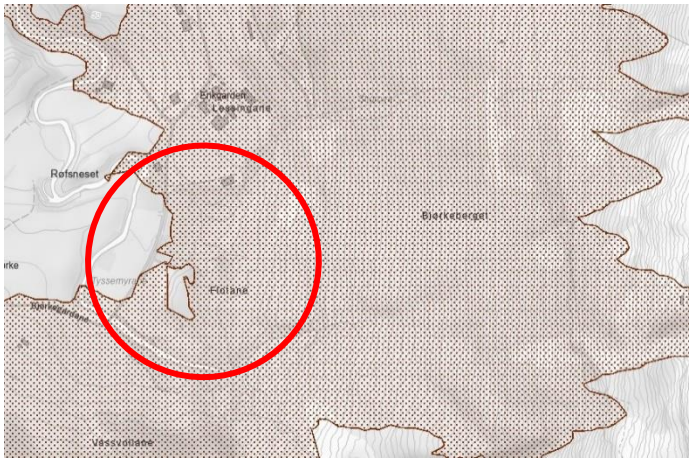
Ifølge NVE Atlas ligger tomta innenfor utløpsomrode for steinprang indikert med svart skravur i Figur 7. Fare for steinsprang er ikke vurdert i dette rapporten.



Figur 7: Aktsomhetskart fra NVE Atlas, NVE atlas – karttjeneste, tilgjengelig fra: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#. Det aktuelle tiltaksområdene er indikert med rød ellipse.
∧ Nord

3.1.1.3 Jordskred

Ifølge NVE Atlas ligger tomta innenfor aktsomhetsområde for jordskred indikert med brun skravur i Figur 8. Fare for jordskred er ikke vurdert i dette rapporten.



Figur 8: Aktsomhetskart fra NVE Atlas, NVE atlas – karttjeneste, tilgjengelig fra: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#. Det aktuelle tiltaksområdene er indikert med rød ellipse.
∧ Nord

3.1.1.4 Kvikkleire

Ifølge NVE Atlas ligger tomta ikke innenfor kvikkleiresoner, men innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred indikert med blå skravur i Figur 3. Planområdet ligger under marin grense (blå linje).

Geotekniske grunnundersøkelsene indikerer at det ikke er grunn til å mistenke kvikkleire eller sprøbruddmateriale ved det aktuelle området, og at det dermed ikke er betydelig sannsynlighet for at eiendommen ligger innenfor et løsneområde.

Det østlige området som ligger i høyereliggende terreng, er over marin grense og det er påvist berg i dagen her. Tiltaksområdet vil derfor ikke ligge i et mulig utløpsområde for kvikkleireskred.

Sikkerheten mot kvikkleireskred er derfor vurdert som tilstrekkelig for området og det er ikke behov for ytterligere utredning i henhold til NVE sine retningslinjer.

4 Sikkerhetsvurdering

Ut fra resultater av grunnundersøkelser er det behov for stabilitetsberegninger for de mest kritiske profilene, for å kunne dokumentere tilstrekkelig skråningsstabilitet når deponiet er laget/plassert.

4.1 Regelverk

Gjeldende regelverk for geoteknisk vurderinger er gitt i:

- Byggesaksforskriften SAK10 § 14, [1].
- Byggteknisk forskrift TEK17 §§ 7 og 10, [2].
- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2016 Eurokode 0 - Grunnlag for dimensjonering av konstruksjoner, [3].
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2016 Eurokode 7 - Geoteknisk prosjektering, [4].
- NVE Veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [7]

Dersom konstruksjonstypen skal endres bør vurderinger av pålitelighetsklasse og tiltaksklasse utføres på nytt. Anlegget er underlagt Energiloven, og er derfor ikke underlagt kravene i PBL vedr. utvidet kontroll.

4.2 Geoteknisk kategori, pålitelighetsklasse og tiltaksklasse

Prosjekterings-forutsetninger	Valgt klasse	Referanser til regelverk	Kommentarer
Geoteknisk kategori	2	Eurokode 7, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, 2.1 [4].	Geoteknisk kategori 2 anbefales fordi tiltaket omfatter konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer.
Pålitelighetsklasse (CC/RC)	2	Eurokode 0, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, tabell NA.A1(901) [3].	Pålitelighetsklasse 2 anbefales fordi det gjelder grunn- og fundamenteringsarbeider (og undergrunnsanlegg) ved enkle og oversiktlige grunnforhold.
Tiltaksklasse	2	Byggesaksforskriften SAK 10 [1].	Tiltaksklasse 2 anbefales fordi tiltaket omfatter fundamentering av anlegg og konstruksjoner som i henhold til NS-EN 1990 +NA plasseres i pålitelighetsklasse 2.
Kontrollklasse	PKK2 UKK2	Eurokode 0, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, tabell NA.A1(902) og tabell NA.A1(903) [3].	Pålitelighetsklasse 2 medfører kontrollklasse 2.
Konsekvensklasse	2	Eurokode 0, NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, tabell B3.1 [3].	Offentlige bygninger der konsekvensene av brudd er betydelige.

4.3 Materialstyrke

Partialfaktor for jordparametere til påvisning av tilstrekkelig motstand i grensesnittet mellom konstruksjon og geoteknikk er gitt med minimumsverdier iht. Tabell NA.A.4 i Eurokode 7 [4].
Partialfaktor for jordparametere velges tilpasset den problemstilling, eller det konstruksjonsmessige tiltak som planlegges. Dette er krav for stabilitetsanalyser.
Basert på en overordnet vurdering er det kommet fram til følgende aktuelle partialfaktorer for jordparametere og stabilitetsanalyser:

Tabell 4-1 Partialfaktorer for jordparametere

Jordparameter	Symbol	Verdi
Friksjonsvinkel	γ_{φ}'	1,25
Kohesjon	c'	1,25
Udrenert skjærfasthet	γ_c'	1,4

4.4 Dimensjonering for seismisk påvirkning

Som vist i NA.3.2.1(5) for konstruksjoner i seismisk klasse 2 «Industrianlegg» må påvisning av motstand mot påvirkning etter NS-EN 1998 Eurokode 8 sjekkes hvis **agS** er ≥ 0,5 m/s^2.

Grunnforholdene i området vurderes å tilsvare grunntype B i prosjektering av seismisk påvirkning, jf. tabell NA.3.1 i Eurokode 8.

Spissverdien for berggrunnens akselerasjon (agR) i seismisk sone for området settes til ca. 0,4306 m/s^2 for området, etter rapporten fra NORSAR.

Det er anvendt seismisk klasse 2 for master, jf. tabell NA.4.(902) Veiledende valg av seismisk klasse i Eurokode 8. Dette gir en seismisk faktor γ_1 = 1,0, jf. tabell NA.4.(901) i Eurokode 8 og forsterkningsfaktor S=1,2 for responsspektrene av type 1 og S=1,35 for responsspektrene av type 2 jf. tabell NA.3.2 og NA.3.3 i Eurokode 8.

AgS= γ_1 x agR x S = 1,0 x 0,4306 x 1,2 = 0,51672 m/s^2

AgS= γ_1 x agR x S = 1,0 x 0,4306 x 1,35 = 0,58131 m/s^2

Utelatelseskriteriet **agS** > 0,5 er ikke tilfredsstilt, og konstruksjoner trenger derfor å dimensjoneres for jordskjelvkrefter. Vurdering av seismisk påvirkning og eventuell utelatelse utføres av RIB for bygningen.

NA.3.2.1(5) For konstruksjoner i seimisk klasse I-IIIa kan påvisning av mostand mot seismisk påvirkning etter NS-EN 1998 utelates for tilfeller som oppfyller ett av følgende kriterier:

— konstruksjoner i seismisk klasse I;

— konstruksjoner der grunntype er A-E og med beliggenhet der grunnakselerasjon inklusiv grunnforsterkning tilfredsstiller formelen $a_gS \leq 0{,}50$ m/s^2 ;

— konstruksjoner der grunntype er A-E med beliggenhet der grunnakselerasjon tilfredsstiller formelen $a_g \leq 0{,}30$ m/s^2;

Figur 4-1 Utklipp fra Eurokode 8 - del 1

For å kontrollere deponiet er det benyttet forenklet pseudo-statisk metode for å kontrollere sikkerhet under et jordskjelv. Det vil si at det settes på treghetskrefter fra seismisk påvirkning til jordmassene, definert med en horisontal- og en vertikal komponent K_H og K_V:

K_H = 0,5 x α x S (se utregning nedenfor)

K_H = 0,5 x 0,044x 1,35= 0,02966

K_V = 1 ± (0,33 x K_H) = 1 ± (0,33 x 0,02966) = 1 ± (0,009787)= 1,009787 og 0,9902.

g=9,8 m/s

α = a_g/g

(a_g = γ_1 x 0,8 x α_{g40Hz})

a_g = 1,0 x 0,4306 = 0,4306, gir α = 0,044.

S er forsterkningsfaktor og er avhengig av grunntype: 1,8, jf. tabell NA.3.3 i Eurokode 8.

Resultater er vist i tegning V402 for profil A-A og V404 for profil B-B. Det er oppnådd sikkerhetsfaktor > 1,0 for jordskjelvsituasjon som i kapittel NA.3.1 i Eurokode 8. Det er vurdert å beregne de to mest kritiske situasjonene.

4.5 Nyttelaster og partialfaktorer for påvirkning

I henhold til kapittel 1.1.6 i Håndbok N200 skal det for geotekniske stabilitetsberegninger for veg regnes med trafikklast (karakteristisk last) på 15 kPa jevnt fordelt over hele vegens bredde hvis ugunstig (0 hvis lasten har gunstig virkning). Det skal benyttes en partialfaktor for trafikklast på γ_Q = 1,3 i henhold til Eurokode 7 og N200. Trafikklasten på toppen av deponiet er tatt med i beregningene i profilenene med kote +68 og med kote +75.
Dersom aktuelle trafikklaster er større enn dette, bør stabilitetsanalyser utføres på nytt, eventuelt kan maksimal høyde for deponiet reduseres for å kompensere.

4.6 Løsmasseparametre for stabilitetsberegninger

Basert på tolkning av utførte felt- og laboratorieforsøk er det kommet frem til løsmasseparametre for anvendelse i stabilitetsberegninger. Valg av parametre er basert på erfaringsparametere fra tabell 3.6.2-1 i Håndbok V220 fra Statens Vegvesen.

Tabell 4-4: Parametere anvendt i stabilitetsberegninger

Lag	Tyngdetetthet, γ [kN/m³]	Friksjons-vinkel, φ [°]	Attraksjon, a [kPa]	Kohesjon, c' [kPa]
Fylling av sprengstein	19 over vann 9 under vann	38*	5	3,9
Grusig Sand	18 over vann 8 under vann	33*	5	3,2
Faste masser over berg	19* over vann 9 under vann	36*	5	3,6

** erfaringsverdi valgt til konservativ side etter V220 Geoteknikk i vegbygging*

4.7 Vannstand

Det er ikke registrert vannivå under feltarbeidet i boreposisjonene. I beregninger er det brukt vanndybde på 1,5-2,0 meters dybde under terrengnivå ved boreposisjoner L1 og L6, og vanndybde på 0,0-0,5 m under fyllingsfot. Dette er ansett som konservativt i beregningene.

5 Stabilitetsberegninger

Det er valgt å utføre stabilitetsberegningene med programmet GeoSuite Stability [14] og analyser er utført for drenert tilstand i anleggsfase med deponiet opp til kote + 68 og i tillegg for å kontrollere den mest ekstreme løsningen med deponiet opptil +75.
I beregninger for deponiet er det inkludert en trafikklast av 19,5 kPa, plassert på toppen av fyllingen.
I beregningene for profil A-A starter deponiet ca.15 meter fra skråningen og for profil B-B ca. 5 meter.

5.1 Beregningsresultater

Beregningene som er presentert i denne rapporten, er utført for profil A-A og B-B. Dette regnes som den mest kritiske situasjonen.
Lokalisering av profilene er vist på Tegning nr V400, og resultatene av beregningene er vist på Tegning nr V401-V404. Laveste oppnådde sikkerhetsfaktor for hver situasjon er oppgitt i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Beregnede materialfaktorer (γ_M) for kritiske skjærflater fra GeoSuite Stability.

Profil	Situasjon	Type analyse	$\gamma\phi$ [$F_c\varphi$]	Tegning nr.
A-A	Fylling +64	Drenert	1,51	V401
A-A	Fylling +75	Drenert	1,46 (1,42*)	V402
B-B	Fylling +64	Drenert	1,63	V403
B-B	Fylling +75	Drenert	1,46 og 1,57 (1,29*)	V404

Stabilitetsanalysene viser at kritiske skjærflater gir en sikkerhetsfaktor Fcϕ ≥1,25 for drenert analyse, som tilfredsstiller krav til sikkerhet.

* Sikkerhetsfaktor for grunne overflateskred, som ikke er relevante.

Jordskjelv

Det er valgt å utføre stabilitetsberegningene med programmet GeoSuite Stability [14] og jordskjelvanalyser er utført for drenert tilstand i anleggsfase med deponiet opp til kote + 75. Dette regnes som den mest kritiske situasjonen. Deponilasten er mye større enn lasten på det nye koblingsanlegget og trafostasjonen; last for transformatorstasjonen er ca. 29 kPa og for koblingsanlegget ca. 10 kPa. Last fra deponiet ivaretar derfor også last fra planlagte konstruksjoner, og det er utført en kontroll av jordskjelvsituasjon for situasjon med deponi.

I beregninger for deponiet er det inkludert en trafikklast lik 19,5 kPa, plassert på toppen av fyllingen. Resultater er vist i Tegning V402 og V404 med farge magenta.

Tabell 5-2: Sikkerhetsfaktor profil A-A og B-B med jordskjelv.

Profil	**Forutsetninger**	**Sikkerhetsfaktor med tilbygg**	**Vist i tegning**
		Fc **Udrenert**	
A-A	Positiv jordskjelvfaktor.	1,34	V402
A-A	Negativ jordskjelvfaktor.	1,34	V402
B-B	Positiv jordskjelvfaktor.	1,30 og 1,22	V404
B-B	Negativ jordskjelvfaktor.	1,30 og 1,22	V404

Tabell 5-2: Sikkerhetsfaktor profil A-A og B-B med jordskjelv.

Stabilitetsanalysene viser at kritisk skjærflate gir en sikkerhetsfaktor Fcφ ≥1,1 for drenert analyse, som dekker krav gitt i kapittel NA.3.1 i Eurokode 8.

6 Fundamenteringsforhold

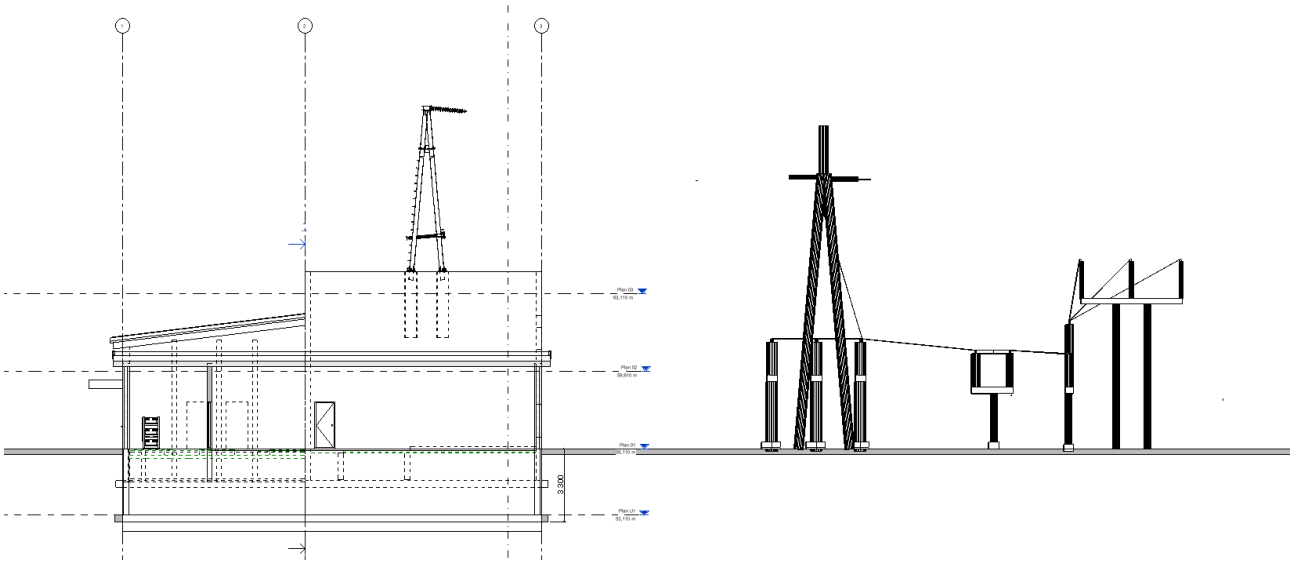
6.1 Fundamentering

Det skal bygges en ny transformatorstasjon med luftisolert koblingsanlegg etter at deponiet er fjernet, med ferdig gulv på kote ca. 56 m. Transformatorstasjonen vil ha en kjeller som er omtrent 3,3 meter dyp.

Med de aktuelle grunnforhold ligger det godt til rette for direktefundamentering. Der er det behov å fylle masser for å rekke kote +56 må sprengstein brukes.
Omrørte, bløte masser, samt eventuelle organiske masser, må graves bort og masseutskiftes med sprengstein. Oppbygging til avrettingsnivå skal bestå av et lag sprengstein med et avrettingslag på toppen av tilførte knuste masser.

Tilbakefylte masser skal legges ut lagvis og komprimeres iht. til tabell 2 i NS 3458.

Vi anbefaler å masseutskifte til minst 1,0 m under underkant fundament med etterfølgende komprimering av sprengstein 20-200 mm; dette for å sikre nødvendig fleksibilitet i fundamenteringsløsningen.
Setnings- og bæreevneberegninger for å fastsette nødvendige fundamentdimensjoner må utføres/verifiseres i samråd med geotekniker når spenninndeling og fundamentlaster er bestemt.



Figur 9: Seksjon som viser transformatorstasjon med luftisolert koblingsanlegg, plasseringen er vist i tegning V400.

6.2 Drenering

Det forutsettes at bygningen er drenert ned til underkant av fundamenter, og at fyllmassene på siden av bygningen er av drenerende materiale.

Det er ikke registrert vannivå i boreposisjoner. Det er rimelig å anta at grunnvannet kan fluktuere i takt med årstid.

6.3 Frostdybden

Fundamenter skal stå frostfritt.

Hvis den foreslåtte fundamenteringsløsningen ikke medfører frostfri dybde på fundamentene (anbefalt minst 1,1 m i området), må det utføres masseutskifting med telesikker sprengstein eller telesikre grusmasser ned til frostfri dybde. Se rapport 451.021 Klimadata for termisk dimensjonering og frostsikring. Alternativt kan det legges horisontal frostisolasjon i grunnen langs yttersiden av alle fundamenter. Praktiske løsninger kan finnes i Byggforskserien fra SINTEF. Hvis grunnarbeidet blir utført på en årstid hvor det kan gå tele i grunnen, anbefales det å frostsikre trauet, for eksempel med vintermatter, for å unngå setninger ved senere teleløsning.

6.4 Setninger

Aktuelle tiltak reduserer risiko for setninger: :

- Alt av humusholdige masser, samt oppbløtte/omrørte masser skal graves bort og masseutskiftes med egnede mineralske masser (sprengstein).
- Fundamentering på frostfrie masser.
- Grundig komprimering av stedegne masser og av tilførte/oppfylte masser under fundament og under gulv.
- Kontroll av fundamentplan og justering av størrelse på fundamenter ved behov.
- Stivt gulv koblet til fundamentene
- Masseutskifting av minst 1,0 m under UK av fundamentene med komprimert sprengstein.
- Fylte masser/fylling må legges i lag på én meter og komprimeres godt.

Basert på grunnforholdene forventes det ikke setninger av betydelig størrelse, men dette må kontrolleres under prosjekteringen.

7 Referanser

[1] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Byggesaksforskriften (2010),». [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-488.

[2] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Byggteknisk forskrift (TEK 17),». [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840.

[3] Norsk Standard, «NS-EN 1990:2002+A1:2002+NA:2016, versjonsdato 2016-05-01: Eurkode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,».

[4] Norsk Standard, «NS-EN 1997-1:2004/A1:2013+NA:2016, versjonsdato 2016-07-01: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Almenne regler,».

[5] Norsk Standard, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Almenne regler, seismiske laster og regler for bygninger,» 2014.

[6] Norges vassdrags- og energidirektorat, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: atlas.nve.no.

[7] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 01 2019. [Internett]..

[8] Byggforsk, SINTEF, [Internett]. Available: https://www.byggforsk.no/innhold/1/byggforskserien.

[9] Norsk Standard, «Eurokode 8: prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold. NS-EN 1998-5:2004+NA:2014».

[10] Nilmar Janbu, «Grunnlag i geoteknikk, 1989».

[11] Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging 2023, SVV.

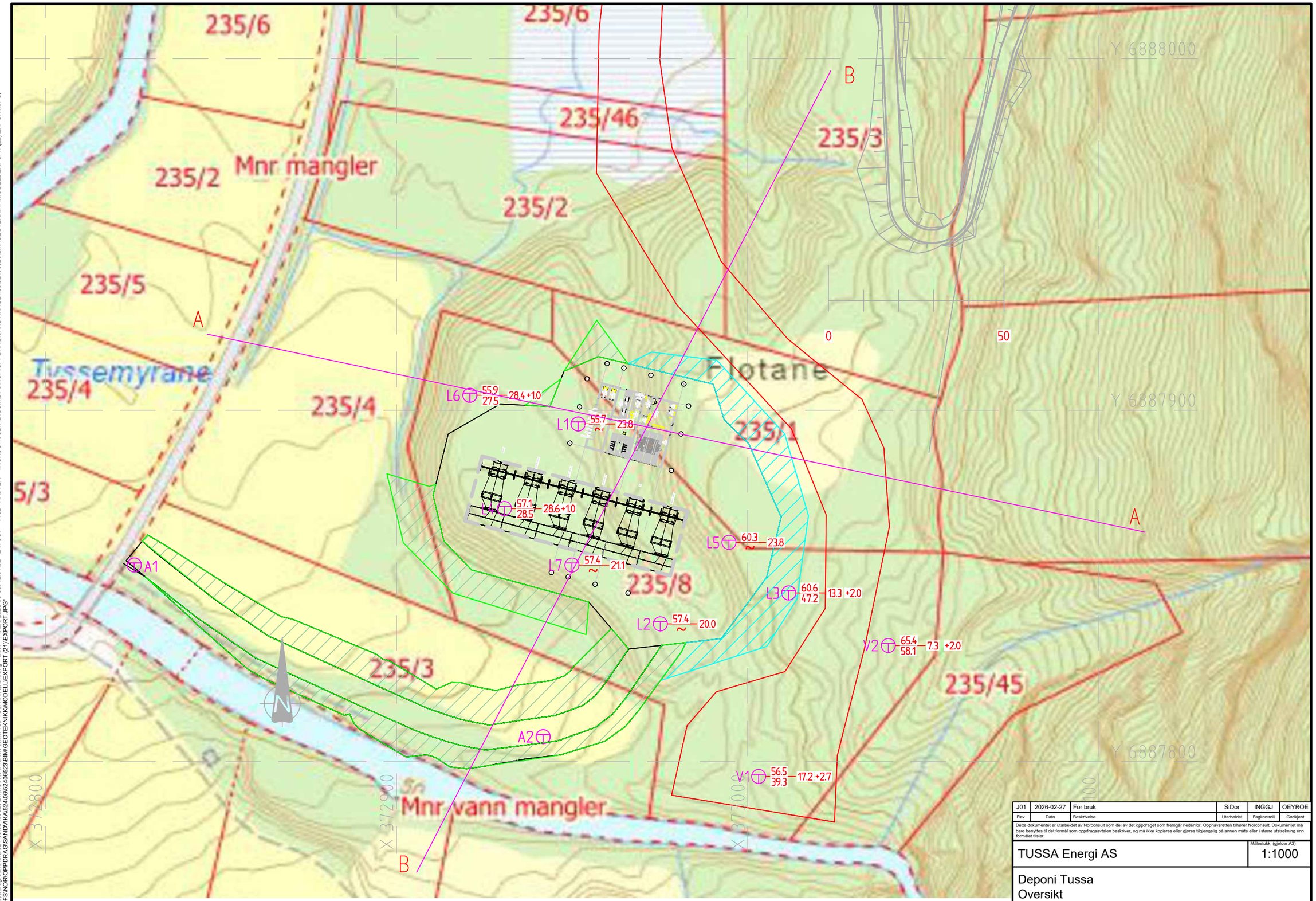
[12] NGUs løsmassekart, NGU – karttjeneste, tilgjengelig fra: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/

[13] Norges vassdrags- og energidirektorat: Kart fra oversiktskartlegging kvikkleire – Aktsomhetsområder Kart fra oversiktskartlegging kvikkleire - Aktsomhetsområder (arcgis.com)

[14] Novapoint: GeoSuite Stability Version 21.

[15] Datarapport RA-RIG-01 fra Norconsult Norge AS.

[16] Norsar. Resultat for returperiode 475 år Bjørke, februar 2026.



Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
J01	2026-02-27	For bruk	SiDor	INGGJ	OEYROE

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

TUSSA Energi AS

Målestokk (gjelder A3): 1:1000

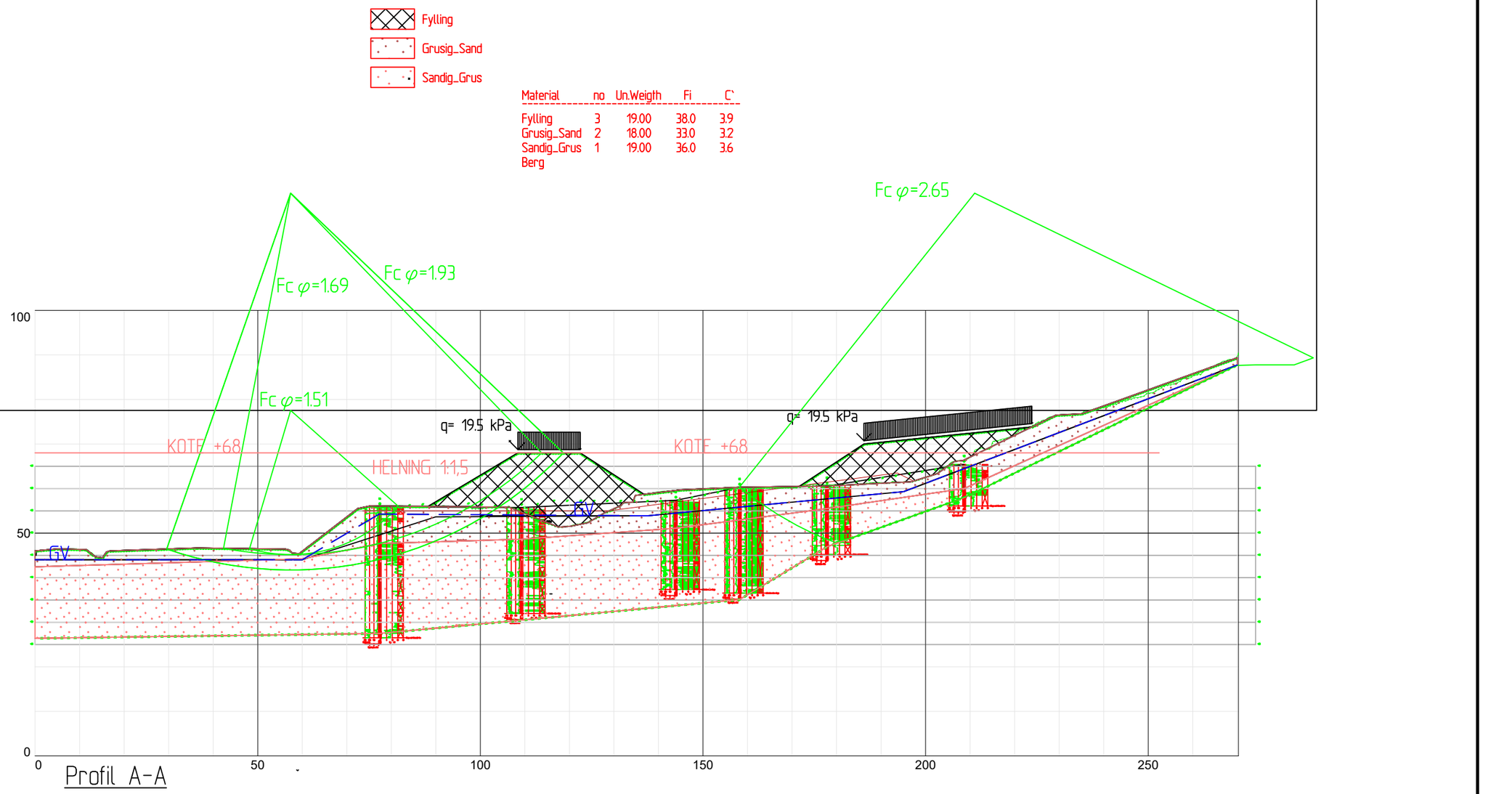
Deponi Tussa
Oversikt

UTM32 NN2000

Norconsult

Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
52406523	V400	J01

"\\norconsultad.com\dfs\no\oppdrag\Sandvika\524\06\52406523\BIM\Geoteknikk\Modell\V100-TUSA boreplan.dwg - sidor - Plottet: 2025-05-30, 12:04:52 - LAYOUT = V102 - RASTER = \\NORCONSULTAD.COM\DFS\NO\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (21)\EXPORT.JPG"
\\NORCONSULTAD.COM\DFS\NO\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (22)\EXPORT.JPG,



Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
J01	2026-02-27	For bruk	SiDor	INGGJ	OEYROE

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

TUSSA Energi AS

Målestokk (gjelder A3): 1:1000

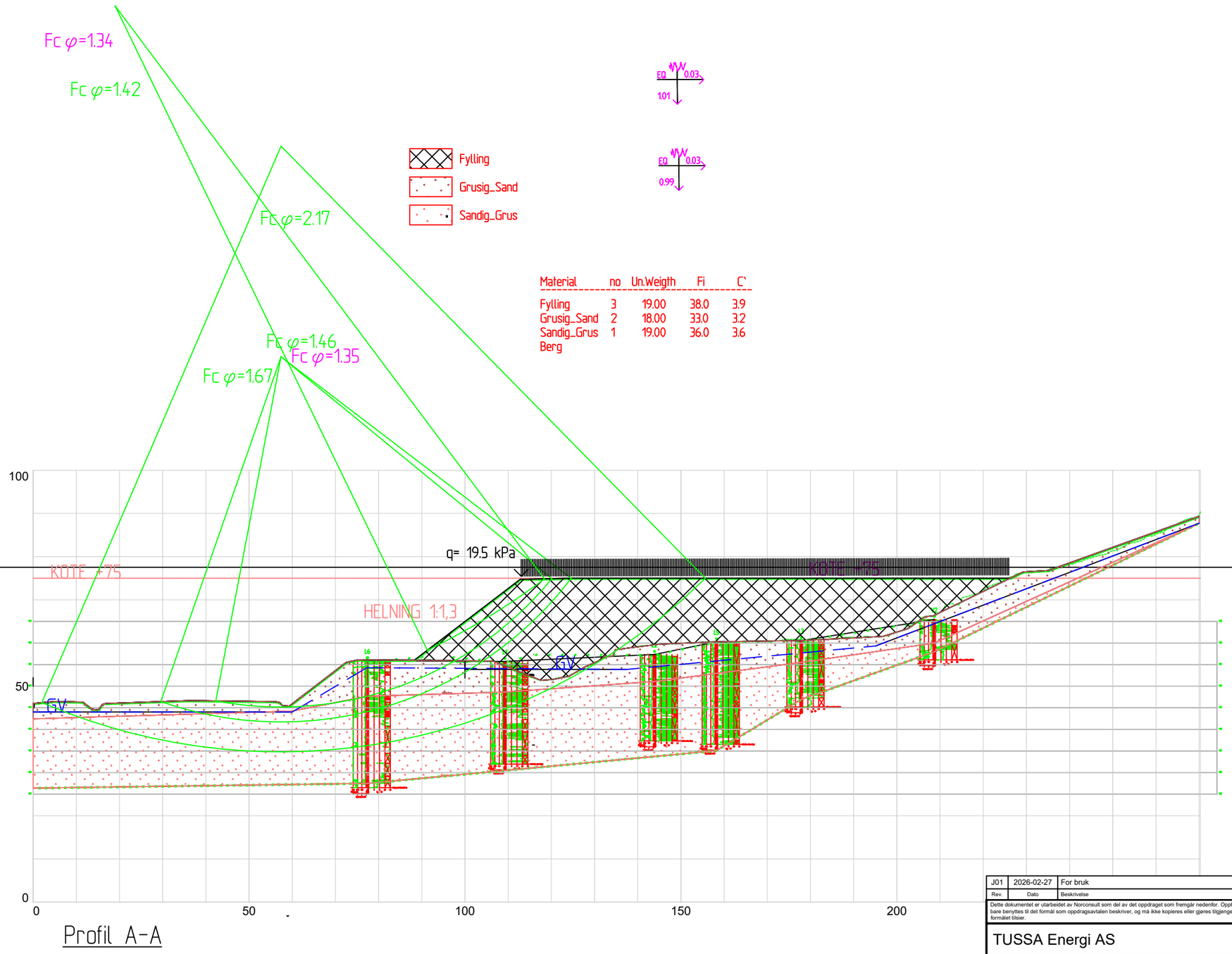
Deponi Tussa
Stabilitetsanalyser A-A
Fylling kote +68 med trafikklast

UTM32 NN2000

Norconsult

Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
52406523	V401	J01

"\\norconsultad.com\dfs\nor\oppdrag\Sandvika\524\06\52406523\BIM\Geoteknikk\Modell\V100-TUSA boreplan.dwg - sidor - Plottet: 2025-05-30, 12:04:52 - LAYOUT = V102 - RASTER = \\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (22)\EXPORT.JPG,
\\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (21)\EXPORT.JPG"



Profil A-A

J01	2026-02-27	For bruk	SiDor	INGGJ	OEYROE
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

TUSSA Energi AS

Målestokk (gjelder A3) 1:1000

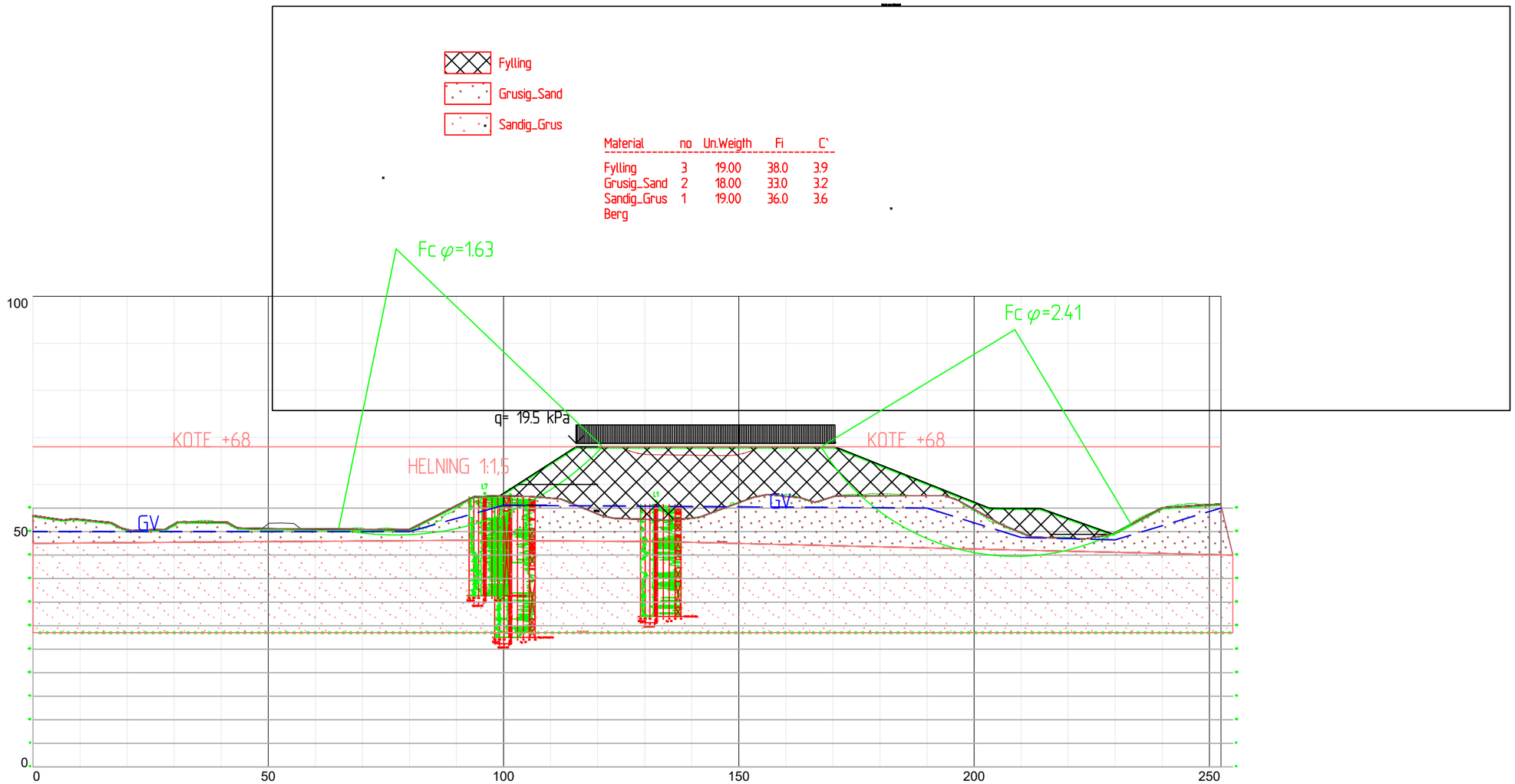
Deponi Tussa
Stabilitetsanalyser A-A
Fylling kote +75 med trafikklast

UTM32 NN2000

Norconsult

Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
52406523	V402	J01

"\\norconsultad.com\dfs\nor\oppdrag\Sandvika\524\06\52406523\BIM\Geoteknikk\Modell\V100-TUSA boreplan.dwg - sidor - Plottet: 2025-05-30, 12:04:52 - LAYOUT = V102 - RASTER = \\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (22)\EXPORT.JPG, \\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (21)\EXPORT.JPG"



Profil B-B

J01	2026-02-27	For bruk	SiDor	INGGJ	OEYROE
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

Målestokk (gjelder A3): 1:1000

TUSSA Energi AS

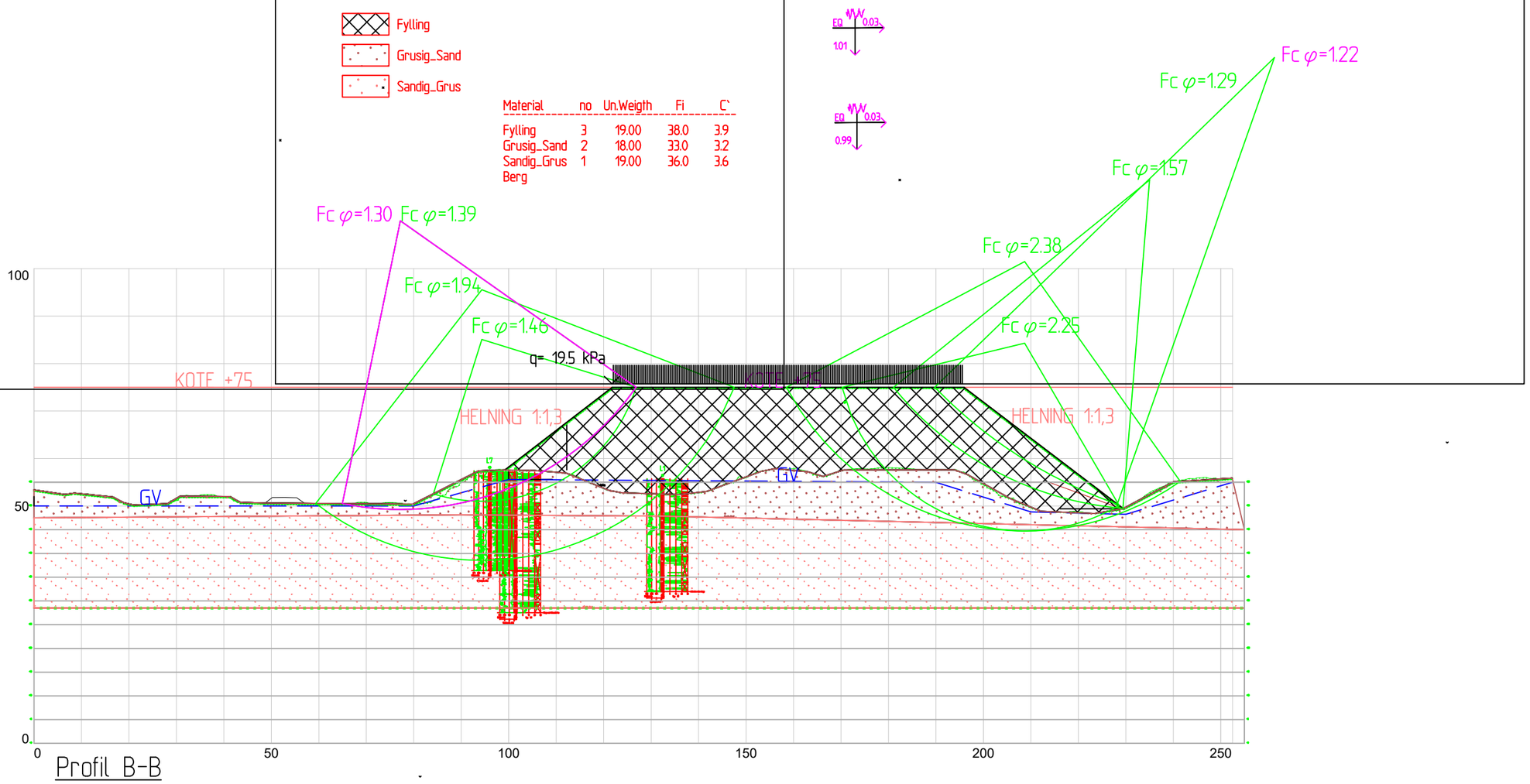
Deponi Tussa
Stabilitetsanalyser A-A
Fylling kote +68 med trafikklast

UTM32 NN2000

Norconsult

Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
52406523	V403	J01

"\\norconsultad.com\dfs\nor\oppdrag\Sandvika\524\06\52406523\BIM\Geoteknikk\Model\\\V100-TUSA boreplan.dwg - sidor - Plottet: 2025-05-30, 12:04:52 - LAYOUT = V102 - RASTER = \\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (21)\EXPORT.JPG"
\\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (22)\EXPORT.JPG,



Profil B-B

J01	2026-02-27	For bruk	SiDor	INGGJ	OEYROE
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult. 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.

TUSSA Energi AS

Målestokk (gjelder A3): 1:1000

Deponi Tussa
Stabilitetsanalyser A-A
Fylling kote +75 med trafikklast

UTM32 NN2000

Norconsult

Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
52406523	V404	J01

"\\norconsultad.com\dfs\nor\oppdrag\Sandvika\524\06\52406523\BIM\Geoteknikk\Modell\\V100-TUSA boreplan.dwg - sidor - Plottet: 2025-05-30, 12:04:52 - LAYOUT = V102 - RASTER = \\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (21)\EXPORT.JPG"
\\NORCONSULTAD.COM\DFS\NOR\OPPDRAG\SANDVIKA\524\06\52406523\BIM\GEOTEKNIKK\MODELL\EXPORT (22)\EXPORT.JPG,