

Til: Tschudi Kirkenes
Fra: Norconsult v/ Jørgen Johannessen
Dato/Rev: 2015-06-01

Notat RIG-02. Adkomstveg til KILA. Vurdering av behov for geotekniske tiltak for å muliggjøre bygging som beskrevet i foreliggende traséforslag

INNLEDNING

Tschudi Kirkenes AS skal bygge ny adkomstvei til Slambanken som vist på oversiktsplanen i Figur 1. Adkomstveien skal blant annet gå over Stormyra ved Hesseng i Kirkenes. Dette notatet redegjør for innledende geotekniske vurderinger som er gjort i forbindelse med foreslått trasé, samt hvilke geotekniske tiltak som vurderes som mest hensiktsmessige for å muliggjøre bygging av vegen, spesielt med henblikk på planlagt fylling over Stormyra.



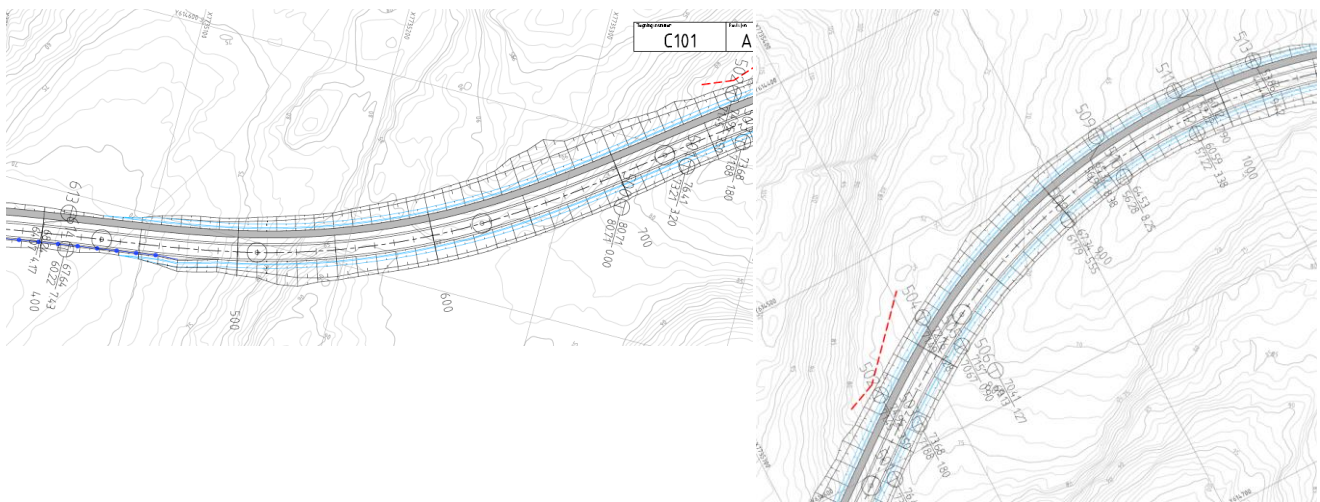
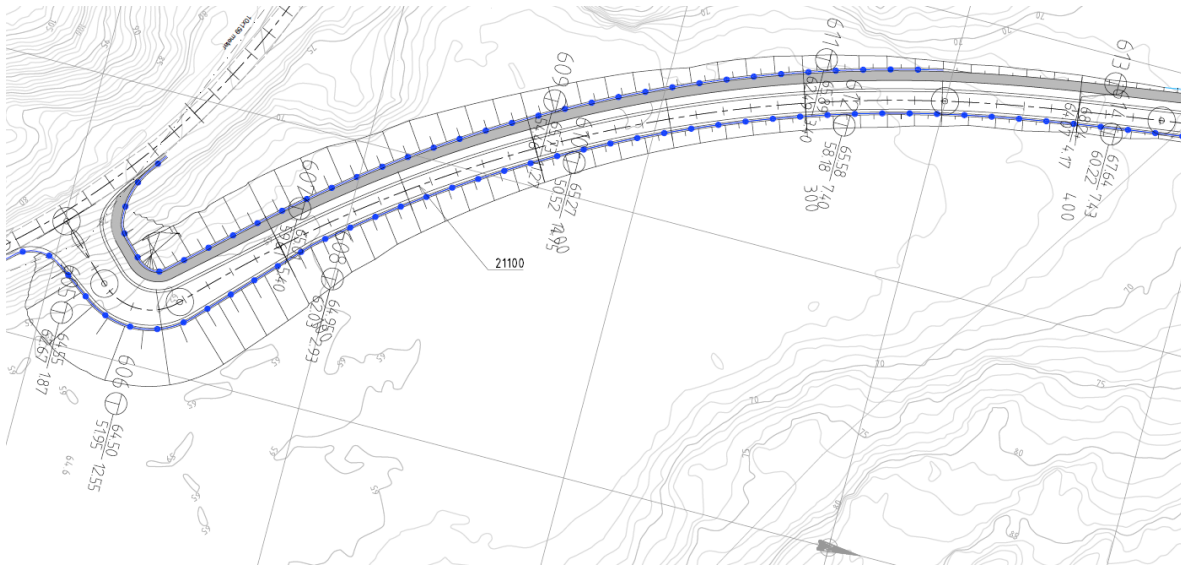
Figur 1: Oversiktsplan

GEOMETRI OG UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER

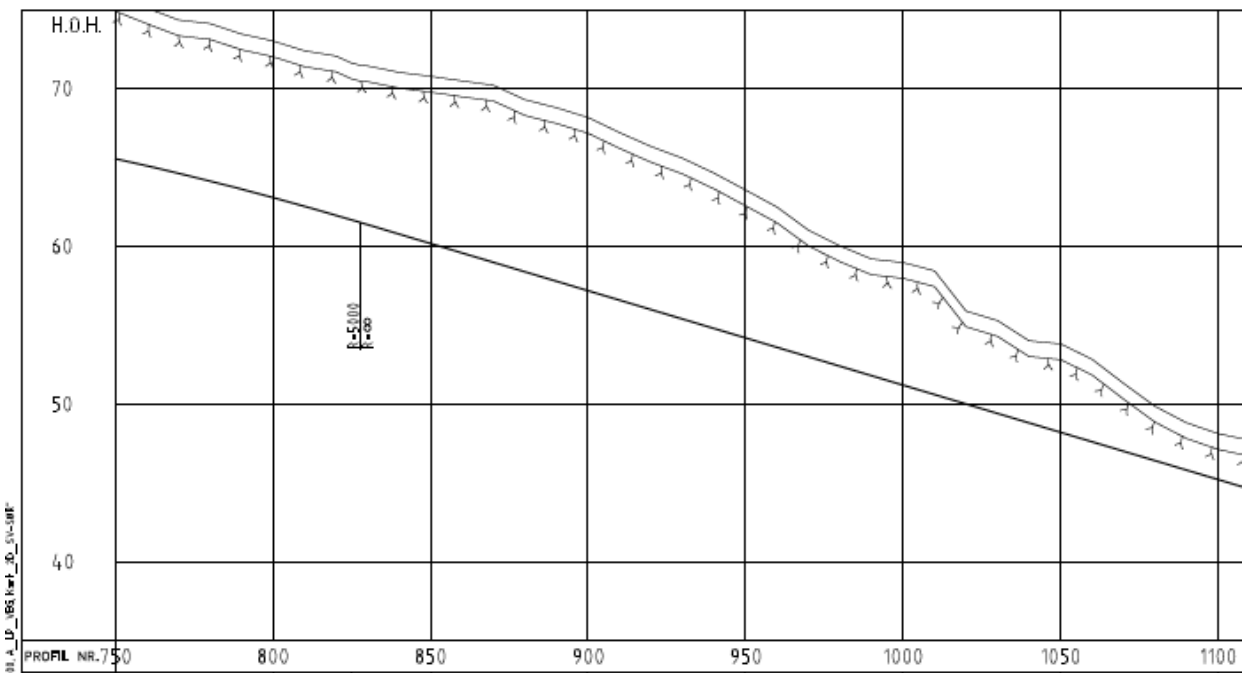
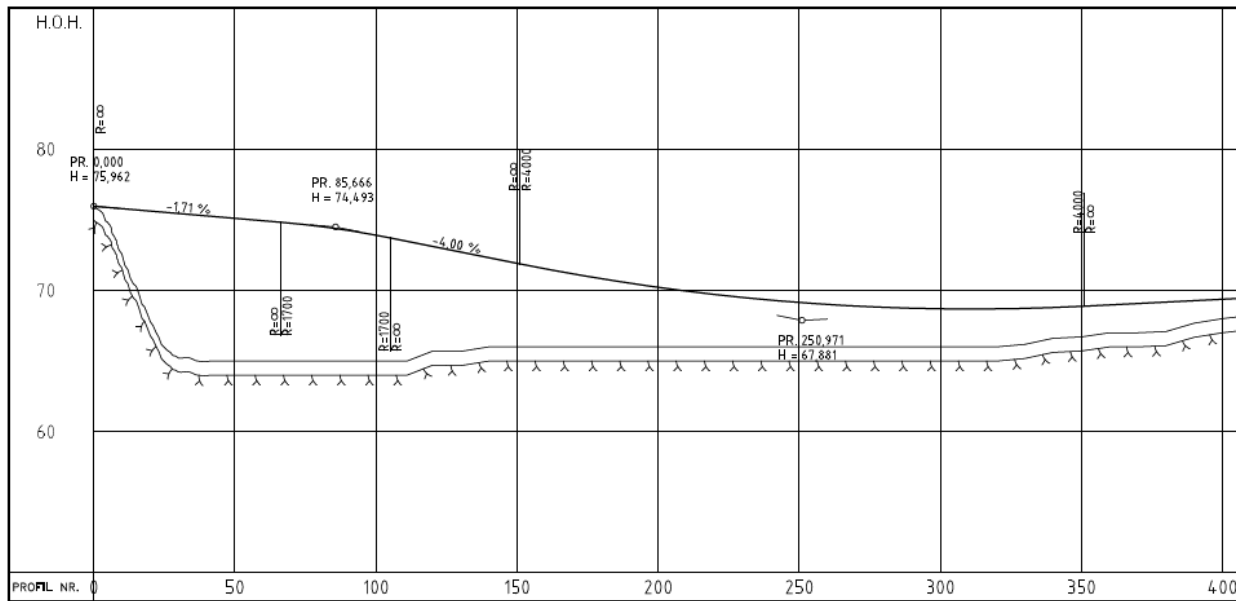
For en fullstendig oversikt over utførte grunnundersøkelser i området vises det til egen datarapport utarbeidet av Rambøll, *Rapport nr. 1, oppdrag nr: 1350008150*, datert 11.05.2015.

Traseen over Stormyra (veilinj 21100, profil 0-400) er vist i Figur 2. Områdene hvor det er utført geotekniske grunnundersøkelser er ved profil 0 – 400, og ved profil 600 - 1000. Førstnevnte strekning dekkes av borpunkt 601-614. Planlagt fyllingshøyde avtar fra ca. 10 m i profil 50, til ca. 4 m i profil 300.

Strekningen langs profil 600-1000 dekkes av borpunkt 500-513, og her er det prosjektert løsmasse- og/eller bergskjæring.



Figur 2: Utførte grunnundersøkelser og veggeometri ved Stormyra



Figur 3: Lengdeprofiler

PARAMETERBESTEMMELSE OG GRUNNVANN

Profil 0 - 400

Det fremgår av datarapporten fra Rambøll at målt sensitivitet (S_t) i leira ligger i området $S_t = 2-19$, men med hovedvekten av resultatene rundt $S_t = 15$. På bakgrunn av dette er udrenert skjærfasthet tolket ut fra trykksonderinger, med valgte konfaktorer for spissmotstand (N_{kt}) og poreovertrykk ($N_{\Delta u}$) henholdsvis $N_{kt} = 10$ og $N_{\Delta u} = 8$. I ett punkt er det påvist sprøbruddmateriale fra rutineundersøkelser, og i følge datarapporten fra Rambøll må det forventes sprøbruddmateriale flere steder i det aktuelle området.

Designprofil er valgt på bakgrunn av en vurdering av tilgjengelig data, primært fra borhull 606. Se vedlegg 2 og vedlegg 3 for valgt designprofil plottet sammen med tolkning fra trykksonderinger og oppjusterte resultateter fra rutineundersøkelser. Fasthetsverdier fra enaks- og konusforsøk er dividert med 0,7, for omtrentlig å tilsvare aktive fasthetsverdier. Direkte og passiv udrenert fasthet ($s_{u,D}$ og $s_{u,P}$) er videre valgt slik at $s_{u,D} = 0,7 s_{u,A}$ og $s_{u,P} = 0,4 s_{u,A}$.

Tabell 1: Tolkede parametre for leire. Profil 0-400

Lag	Dybde (m)	Udrenert fasthet (A/D/P) (kPa)
Torv/myr	0 - 4,5	-
Leire	4,5	50 / 35 / 20
	6,5	20 / 14 / 8
	Ca. 11*	20 / 14 / 8
	11* -	Som for normalkonsolidert leire, dvs. $s_{u,A} = 0,3 \times p_0'$.

*Krysningspunkt mellom tolket fasthetsprofil fra trykksonderinger og labdata, og teoretisk profil for normalkonsolidert leire ($0,3 \times p_0'$).

Grunnvann er forutsatt å ligge i terrengnivå.

Profil 600 - 1000

Sonderinger i 500-serien viser generelt at det er grunt til berg. Grunnforholdene kan i hovedsak beskrives som bløt til middels fast leire over berg. Stedvis finnes også et fastere lag av friksjonsmateriale over berg. Se vedlegg 1 for tolkning av skjærfasthet fra borpunkt 510. Styrkeparametre er forutsatt som vist i Tabell 2.

Tabell 2: Valgte fasthetsparametre. Profil 600-1000

Lag	Dybde (m)	Styrkeparametre
Tørreskorpeleire	0 - 2,5	$\varphi = 32^\circ$, $a = 0$
Leire	2,5 - 5	$s_{u,A} / s_{u,D} / s_{u,P} = 30 \text{ kPa} / 21 \text{ kPa} / 12 \text{ kPa}$ (evt. $\varphi = 23^\circ$, $a = 0$)
Fast friksjonsmateriale	5 - 8	

GEOTEKNISK VURDERING

Det er i utgangspunktet to problemstillinger som må vurderes; stabilitet og setninger. I våre vurderinger legges følgende til grunn for vegen:

- Det vil ta minst 3 år før det er aktuelt å endre vegens status fra anleggsveg til normal vegstandard.
- Det er i utgangspunktet ønskelig med raskest mulig etablering av anleggsveien.

Profil 0 – 400

Frem til ca. profil 300 består grunnforholdene generelt av 4-5 m torv over 5-7 m leire. Fyllingshøyden over dagens terrengnivå avtar fra 10 m (frem til ca. profil 100), til ca. 3-4 m ved profil 300. Rundt profil 400 er fyllinghøyden redusert til 1-2 m.

Det er på toppen av fyllingen forutsatt en dimensjonerende belastning fra trafikk; $q_d = 10 \times 1,3 = 13 \text{ kN/m}^2$. Lastens utberedelse er antatt begrenset til 6 m.

Stabilitet

Uten stabiliserende tiltak er stabiliteten uakseptabelt lav, jf. Figur 4. For leire med stedvise forkomster av sprøbruddmateriale bør det iht. Eurocode søkes å oppnå materialfaktor/sikkerhetsfaktor lik minst 1,5.

Konsekvensklasse	Bruddmekanisme		
	Seigt, dilatant brudd	Nøytralt brudd	Sprøtt, kontraktant brudd
CC1 Mindre alvorlig	1,25 / 1,4 *	1,3 / 1,4 *	1,4
CC2 Alvorlig	1,3 / 1,4 *	1,4	1,5
CC3 Meget alvorlig	1,4	1,5	1,6

* NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 krever at $\gamma_M \geq 1,4$ ved totalspenningsanalyser

Figur 0.3 Partialfaktorer for γ_M ved effektivspennings- og totalspenningsanalyser

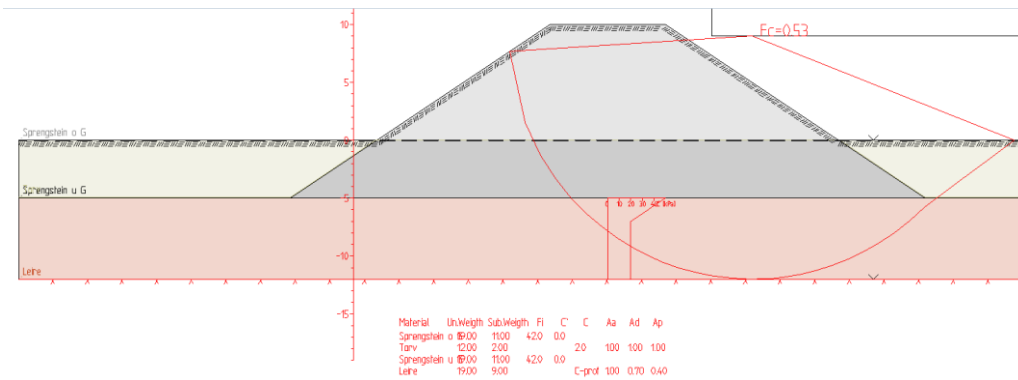
Torvmasser må, uavhengig av hvilke stabiliserende tiltak som velges, enten masseutskiftes med sprengstein ned til o.k. leire, eller fortregnes ved sprengning ned til o.k. leire. Sprengning er et mindre aktuelt alternativ, siden det er påvist sprøbruddmateriale i den underliggende leira.

Mulige stabiliserende tiltak vil kunne være:

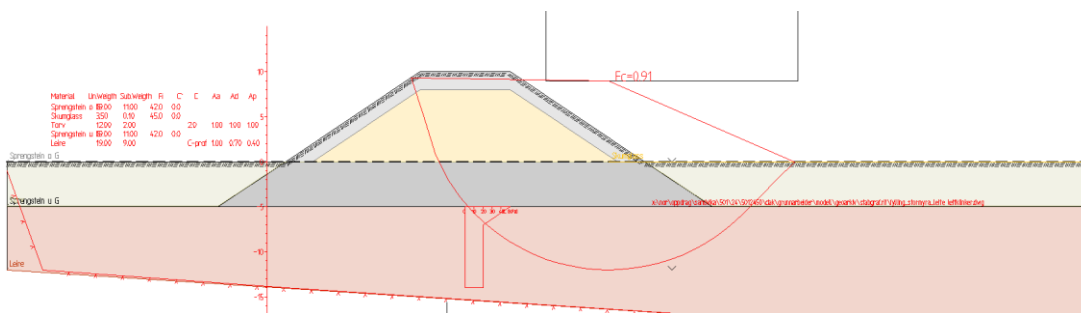
- Kjerne av lette masser (skumglass, lettklinker, EPS) over grunnvannsnivå i vegfyllingen
- Stabilisering av underliggende leire med kalksementpeler
- Motfyllinger
- Masseutskifting av leire. Torvens egenskaper, bl.a. mhp fiberinnhold avgjør om det bør masseutskiftes med langgraver, eller om fortregning er en mer egnet metode.
- Kombinasjon av ovennevnte tiltak

Masseutskifting av både torv- og leirmasser vurderes å bli for omfattende og anleggsteknisk utfordrende til at dette er aktuelt.

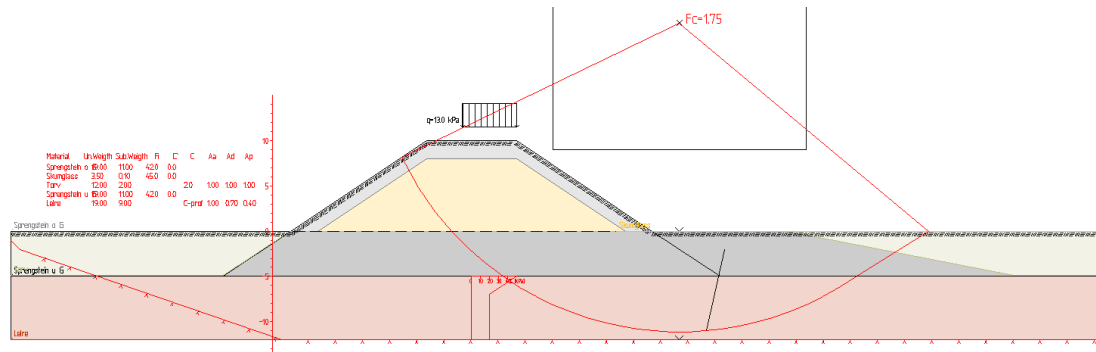
Vi har utført noen enkle overslagsberegninger for å vurdere egnetheten av de nevnte tiltakene. Res Figur 4 - Figur 7. Vegfyllingen er her idealisert som en 10 m bred og 10 m høy fylling med helning 1:1,5. Løsmassene er modellert med parametre som vist på modellutsnittene.



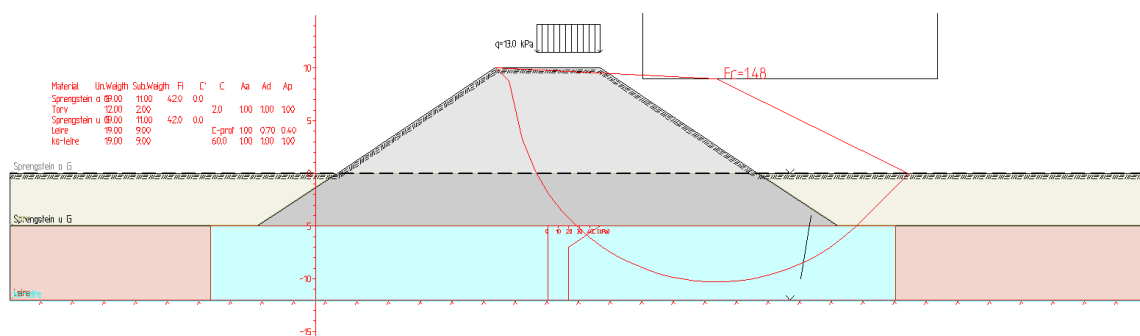
Figur 4: Stabilitetsberegning uten tiltak. SF = 0,53



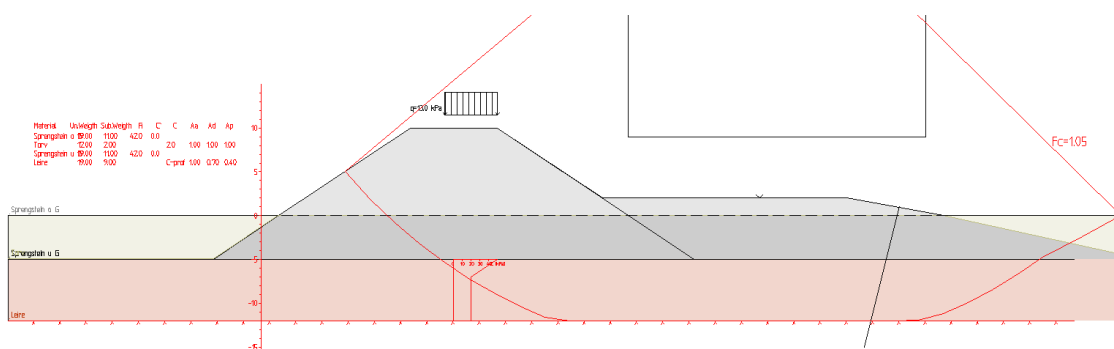
Figur 5: Stabilitetsberegning med 2 m sprengstein over skumglass-kjerne. SF = 0,91



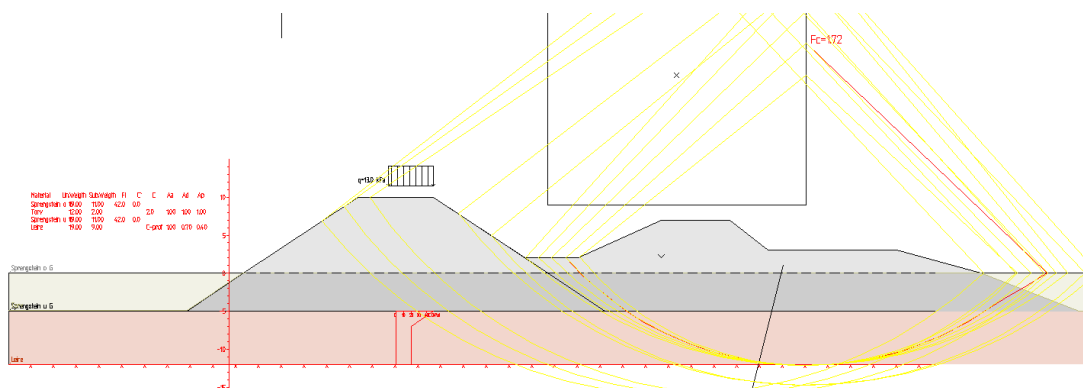
Figur 6: Stabilitetsberegning med last, lette masser og motfylling mot øst. SF = 1,75



Figur 7: Stabilitetsberegning med kalksementstabilisert leire, antatt $s_u = 60$ kPa. SF = 1,48



Figur 8: Masseutskifting og motfylling ca. 50 m fra fyllingsfot. SF = 1,05



Figur 9: Masseutskifting og motfylling. Mulig konfigurasjon som ivaretar krav til sikkerhet. Ca. 60 m ekstra utskifting. SF = 1,72

Beregningene viser at foreslått trasé er gjennomførbar, og at tilstrekkelig sikkerhet vil kunne oppnås både ved

- Ren motfylling og masseutskifting
- En løsning der stedlig leire kalksement-stabiliseres
- Kombinasjon av lette masser og motfylling.

Det vil kunne bli behov for moderate motfyllinger (ytterligere masseutskifting) også dersom alternativet med kalksementpeler velges. I overslagsberegningene er det ikke tatt med effekter av skrånende bergoverflate mot vest. Dette er en konservativ antakelse, og kostnader som omtales i senere avsnitt anses derfor å være konservative. I vest vurderes behovet for stabiliserende tiltak å være begrenset.

Setninger

På det meste er det påvist om lag 7 m leire under den planlagte traséen. På bakgrunn av totalsonderingene som er utført, antas leira å ha toveis drenasjemuligheter, slik at $H_{drenasje} = 3,5$ m.

Som et overslag kan det regnes med at leiren får en tilleggsbelastning midt under fyllingen lik $(10 \text{ m} \times 19 \text{ kN/m}^3 + 5 \text{ m} \times 11 \text{ kN/m}^3) = 245 \text{ kN/m}^2$.

Ved bruk av lette masser (skumglass) kan tilleggsbelastningen anslås til $(2 \text{ m} \times 19 \text{ kN/m}^3 + 8 \text{ m} \times 3,5 \text{ kN/m}^3 + 5 \text{ m} \times 11 \text{ kN/m}^3) = 120 \text{ kN/m}^2$.

Forutsatt modultall og konsolideringskoeffisient for en bløt leire, henholdsvis $m = 10$ og $C_v = 2 \text{ m}^2/\text{år}$, samt 7 m tykt leirelag, anslås konsolideringssetninger i leira å bli i størrelsesorden 0,5 - 1 m ved bruk av lette masser. Ved kalksementstabilisering forventes setninger å bli betydelig mindre, som følge av at den

stabiliserte leira får en betydelig stivere materialoppførsel. Ved kun motfylling anslås primærsetninger til ca. 1,5 m.

Leirtype	c_u (kN/m ²)	C_v (m ² /år)
Fast	> 50	20 - 50
Middels	25 - 50	10 - 30
Bløt	0 - 25	0,5 - 15

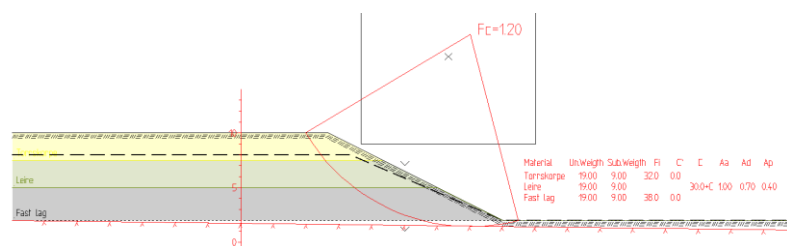
Figur 2.48 Konsolideringskoeffisient C_v

Figur 10: Erfaringsverdier for konsolideringskoeffisient i leire, hentet fra Hb V220

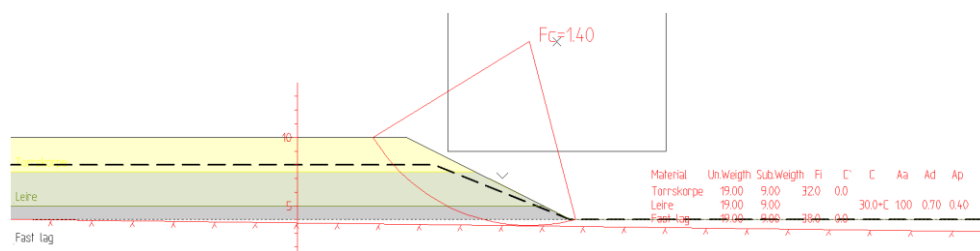
Konsolideringstiden anslås til $t_p = H^2/C_v = (3,5 \text{ m})^2 / (2 \text{ m}^2/\text{år}) = \text{ca. 6 år}$. I tillegg må noe krypsetning påregnes i tiden etter at primærsetningene er unnagjort. Store deler av de totale setningene vil trolig være unnagjort før vegen oppgraderes fra å ha status som anleggsvei (antatt 3 år etter fylling er etablert), men det må altså forventes en del setning også etter vegens status endres fra anleggsvei til normal vegstandard. For en løsning med kalksementpeler vil primærsetningene forløpe betydelig raskere.

Profil 600-1000

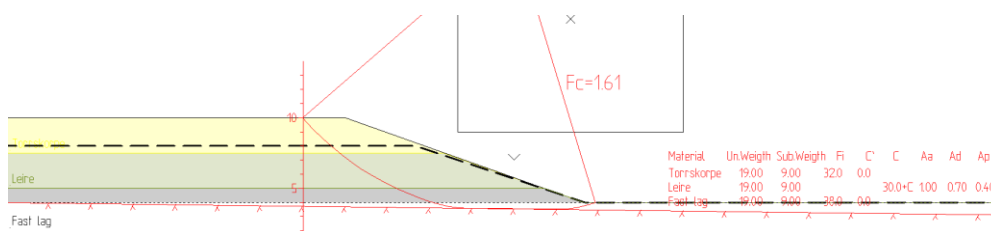
Lengdeprofilen i Figur 3 viser at det vil bli løsmasseskjæring med høyde inntil 8 m mellom profil 900 og profil 1000. I Figur 11 - Figur 13 vises resultater fra enkle stabilitetsvurderinger. Resultatene viser at skjæring i leirmassene ikke bør etableres brattere enn ca. 1:3 der skjæringshøyden er størst. Skjæringen kan for høydeforskjeller inntil ca. 6 m etableres med helning 1:2,5. For skjæringer under 4 m, er helning 1:2 OK.



Figur 11: Stabilitet løsmasseskjæring. H = 8 m. Helning 1:2. SF = 1,2



Figur 12: Stabilitet løsmasseskjæring. H = 6 m. Helning 1:2. SF = 1,4



Figur 13: Stabilitet løsmasseskjæring. H = 6 m. Helning 1:3. SF = 1,61

KOSTNADER

Norconsult har gjort noen grove kostnadsoverslag for å vurdere de ulike løsningene som de tidligere avsnitt omtaler. Det presiseres at dette kun er grove overslag for å belyse størrelsesorden av kostnader for de ulike tiltakene. Det forutsettes ubegrenset tilgang på steinmasser, og transportkostnad av stein er satt til 50 kr/m³. For masseutskifting er kostnad for opplasting og bortkjøring av myrmasser, samt utlegging av sprengstein antas til 300 kr/m³. Tiltak er forutsatt nødvendig kun i retning Stormyra, idet bergoverflaten antas å ligge grunt vest for vegfyllingen.

Tabell 3: Kostnadsoverslag

Stabiliserende tiltak	Grovt kostnadsestimat ekskl. mva.	Forutsetninger / kommentarer
Lette masser (skumglass)	30 MNOK	<p>Det er her forutsatt kjerne av skumglass fra grunnvannsnivå, overfylt med 2 m sprengstein. Videre antas nødvendige mengder (areal i snitt) motfylling og skumglass fra beregning å være nødvendig for 80 m fylling, mens man for 220 m fylling antas å behøve halve arealene. Enhetspris for skumglass er antatt lik 700 kr/m³ (netto 650 kr/m³ fordi transport av steinmasser utgår).</p> <ul style="list-style-type: none"> Areal lette masser i kritisk snitt: $8 \text{ m} \times (10 \text{ m} + (10 \text{ m} + 8 \text{ m} \times 1,5 \times 2))/2 = 176 \text{ m}^2$ Volum lette masser: $176 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m} + 88 \text{ m}^2 \times 220 \text{ m} = 33.000 \text{ m}^3$ Areal masseutskifting i kritisk snitt: 120 m^2 Volum masseutskifting: $120 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m} + 60 \text{ m}^2 \times 220 \text{ m} = 22.800 \text{ m}^3$ Kostnad: $33.000 \text{ m}^3 \times (700 - 50) \text{ kr/m}^3 + 22.800 \text{ m}^3 \times (300+50) \text{ kr/m}^3 = 29,4 \text{ MNOK}$.
Masseutskifting / motfyllinger	20-25 MNOK	<ul style="list-style-type: none"> Forutsetter fyllingslengder 80 m og 220 m som over. Ekstra areal masseutskiftede masser under grunnvannstand i kritisk beregningssnitt: 300 m^2, Areal motfylling over grunnvannstand er 220 m^2. Areal i tverrsnitt antas redusert lineært over 300 m. <p><u>Transport av stein:</u> 300 m strekning gir $(520 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m} + 260 \text{ m}^2 \times 220 \text{ m}) \times 50 \text{ kr/m}^3 = 4,94 \text{ MNOK}$.</p> <p><u>Masseutskifting</u> $(300 \text{ m}^2 \times 80 \text{ m} + 150 \text{ m}^2 \times 220 \text{ m}) \times 300 \text{ kr/m}^3 = 17,1 \text{ MNOK}$.</p> <p>Til sammen 22 MNOK.</p>
Kalksementpeler	10-12 MNOK	<p>Enhetspris kalksementpeler antas å være 130 kr/m pel. Forutsatt ribber med c/c-avstand 1,6 m. c/c peler = 0,5 m.</p> <p>Kostnad = Gj.snittlig «stabiliseringsbredde» under fylling x antall peler per breddemeter x lengde per pel x antall ribber x pris/m</p> <p>$((40 \text{ m} + 10 \text{ m}) + 15 \text{ m})/2 / 0,5 \text{ m} \times 7 \text{ m} \times (300 \text{ m}/1,6 \text{ m}) \times 130 \text{ kr/m} = 11 \text{ MNOK}$</p>

KONKLUSJON

Foreliggende traséforslag over Stormyra er gjennomførbart, men det kreves stabiliserende tiltak mellom ca. profil 0 - 300 for å imøtekomme krav til sikkerhet i gjeldende regelverk. Torvmasser må, også videre fra profil 300, skiftes ut ned til overkant leire eller faste masser. Akseptabel stabilitet kan oppnås enten ved ren masseutskifting, eller ved lette masser, kombinert med moderat masseutskifting/motfylling. Stabilisering av leiren under vegfylling er også en mulig løsning.

Vi anbefaler at følgende tiltak jobbes videre med for å ivareta geoteknisk stabilitet:

- Masseutskifting av myrmasser under vegfylling, og stabilisering av underliggende leire med kalksementpeler.

Våre grove kostnadsestimater antyder at løsningen med kalksementpeler er det minst kostbare tiltaket. Videre vil en slik løsning gi mindre setninger, og primærsetningene forventes å forløpe betydelig raskere.

Planlagte løsmasseskjæringer mellom profil 600 - 1000 bør, for skjæringshøyder under 4 m, etableres med helning ikke brattere enn 1:2. For 4-6 m høye skjæringer bør helningen være 1:2,5 eller slakere. Ved skjæringshøyde større enn 6 m bør det legges opp til helning 1:3 eller slakere.

VEDLEGG


- Utskrift av fasthetstolkning fra trykksonderinger

Sandvika, 2015-06-01

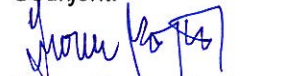
Utarbeidet:


Jørgen Johannessen

Fagkontroll:

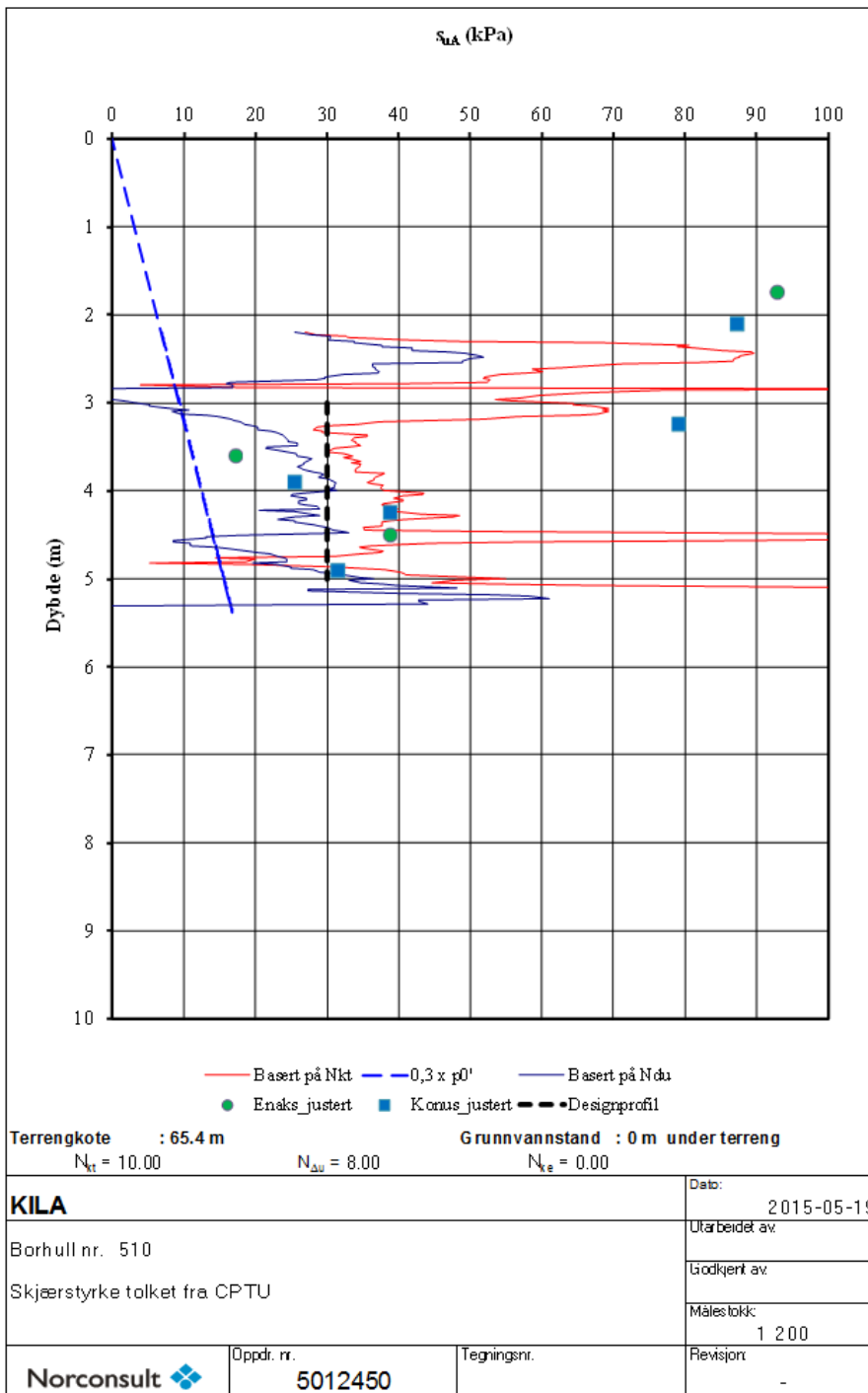

Arne Engen

Godkjent:

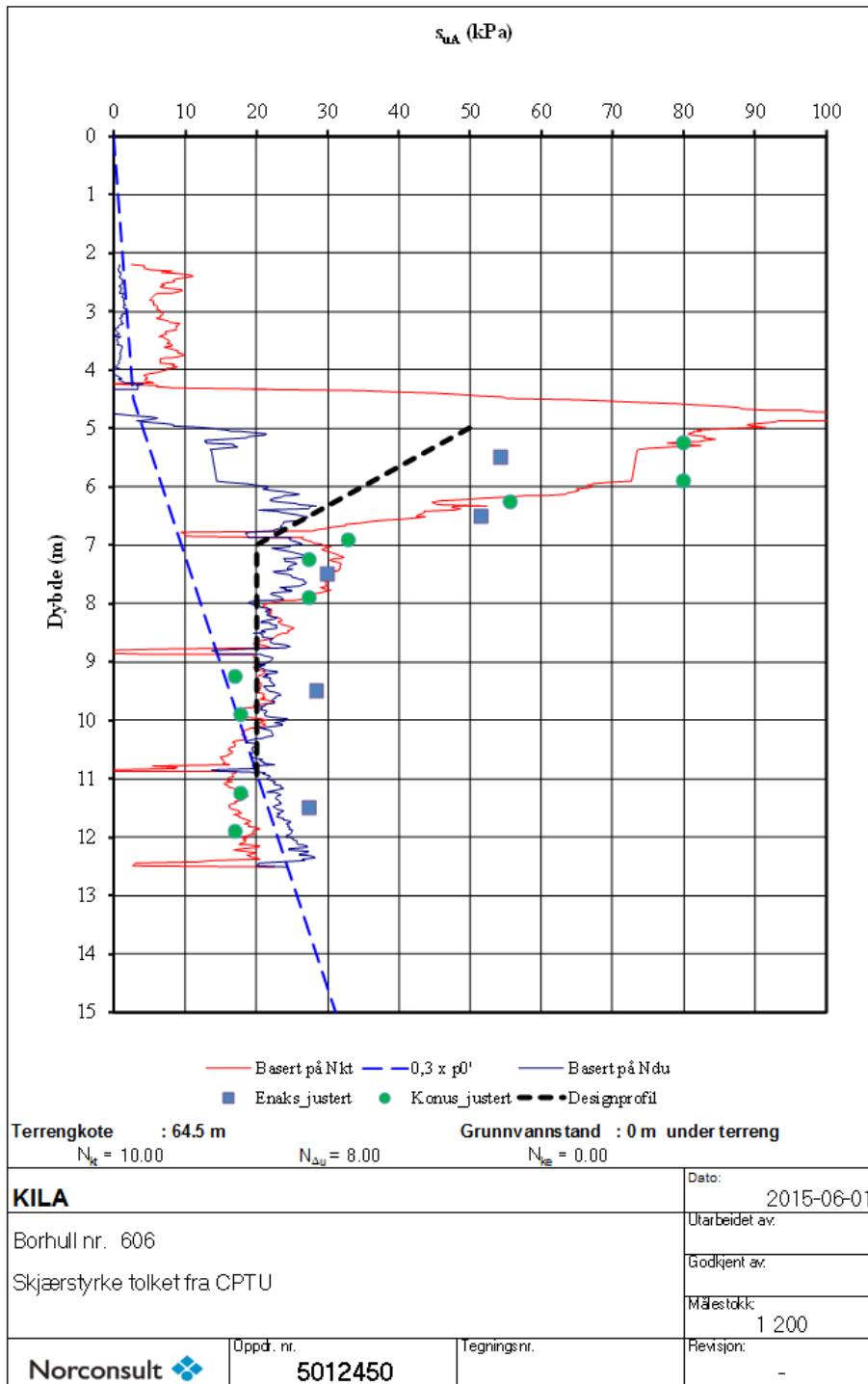

Snorre Navjord Hultgren

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. 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.

VEDLEGG 1: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet fra trykksondering. Borhull 510



VEDLEGG 2: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet fra trykksondering. Borhull 606



VEDLEGG 3: Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet fra trykksondering. Borhull 608

