

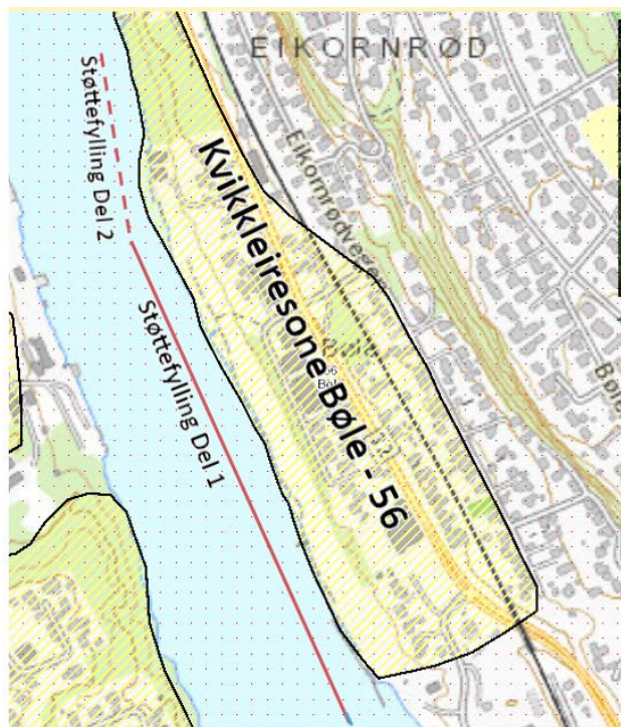


Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Sluttdokument

Oppsummering av oppnådd sikkerhet etter sikring av kvikkleiresoner på Bøle – del 2. (Bøle Nord)

Dok.dato: 01.12.2021	Saksnr.: 201802078 - 16
Revidert:	Vassdragsnr.: 016.A121
Kommune: Skien	NVE Region Sør
Fylke: Vestfold og Telemark	Postboks 2124, 3103 TØNSBERG
Inngrepsnr.: 20134/12972	Tlf.: 22959740 Epost: rs@nve.no



Avlastning i elveskråningen



Undervannsfylling (støttefylling) i Skienselva

Utstrekning av støttefylling Del 1 – utført og Del 2

Tiltaksnr:	Vassdragsnr.:	Beskrivelse:	
20134/12972	016.A121	Oppsummering av oppnådd sikkerhet	
Utarbeidet av:	Torsten Starkloff	Adm.enhet: RS	Sign.: 
Kontrollert av:	Ellen Elizabeth Davis Haugen	Adm.enhet: RS	Sign.: 
Saksnr: 201802078 - 211	Arkiv: 411	Kommune: Skien	Fylke: Vestfold og Telemark

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Utført tiltak	5
3. Oppnådd sikkerhet	8
4. Referanser	11



1. Innledning

De utførte skredsikringstiltakene på Bøle – del 2 (Bøle Nord) består av utlegging av ca. 18 500 m³ stein som støttefylling og erosjonssikring i Skienselva over en strekning på 270 m fra kote -11 m til kote -2,5 og dekker et areal på ca. 5500 m². I tillegg er deler av terrenget ned mot elva ved Bøleveien 130 justert (Figur 1) og det er avlastet totalt 1150 tonn løsmasser / tørrskorpe, se Tegning 902 i vedlegg 1. Disse sikringstiltakene er en videreføring av sikringstiltakene i Del 1 som til sammen skal sikre kvikkleiresone 56 Bøle.

NVE er ansvarlig søker for tiltakene og Skien kommune er tiltakshaver.

NGI er ansvarlig for geoteknisk prosjektering – stabilitetsberegninger, mens NVE er ansvarlig for øvrig geoteknisk prosjektering.

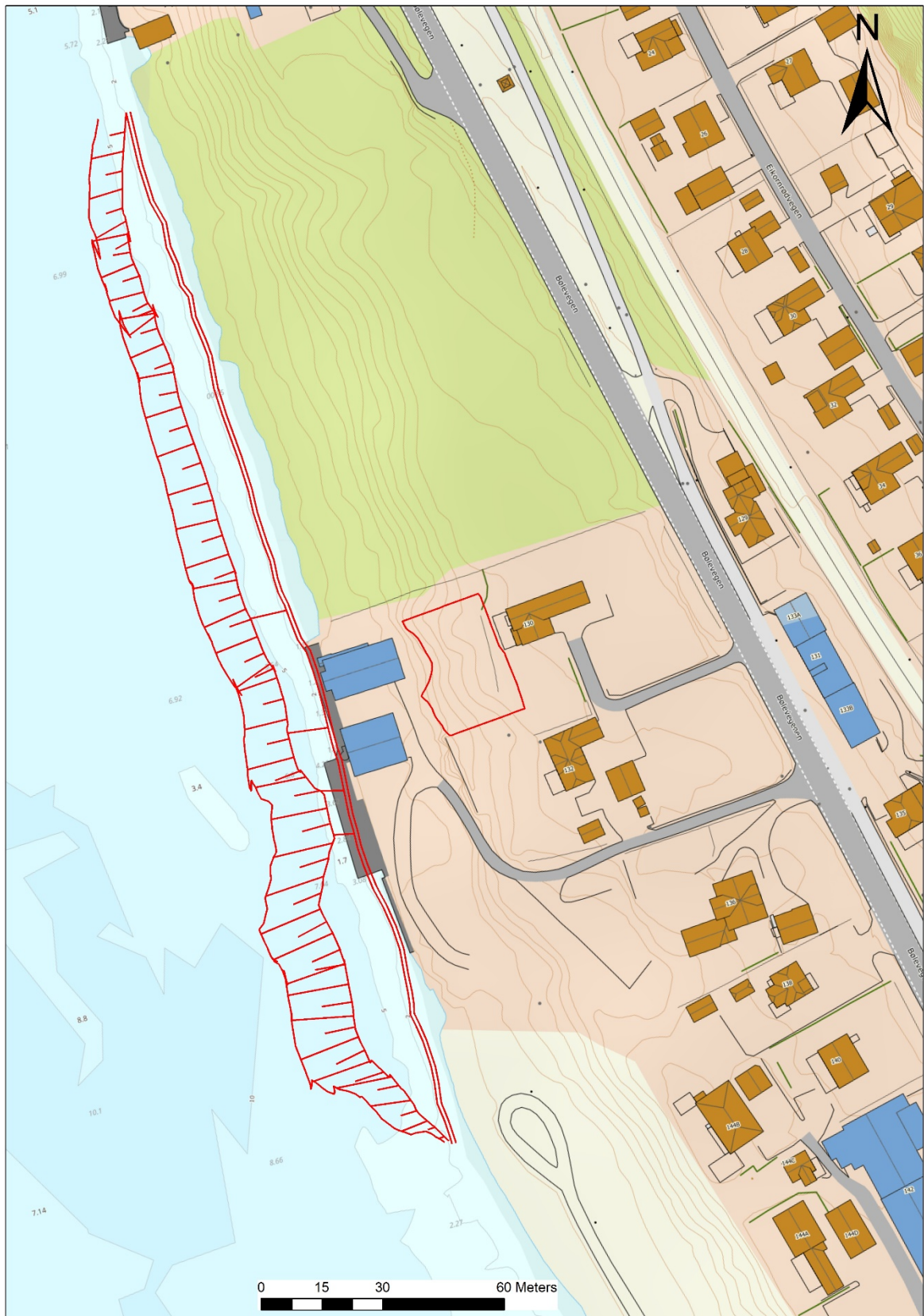
Ansvarlig utførende entreprenør for støttefyllingen og avlastingen har vært Morgedal Entreprenør AS med Agder Marine AS som underleverandør.

Kontaktpersoner hos utførende entreprenører har vært: Ole Bjørnø Andersen og Helge A. Byggland fra ME.

Byggeleder har vært Svein Arne Jerstad (NVE).

Den uavhengige kontrollen av utførelsen av skredsikringstiltakene på Bøle – del 2 (Bøle Nord) har blitt gjennomført av Martin Jespersen og Torsten Starkloff fra NVE.

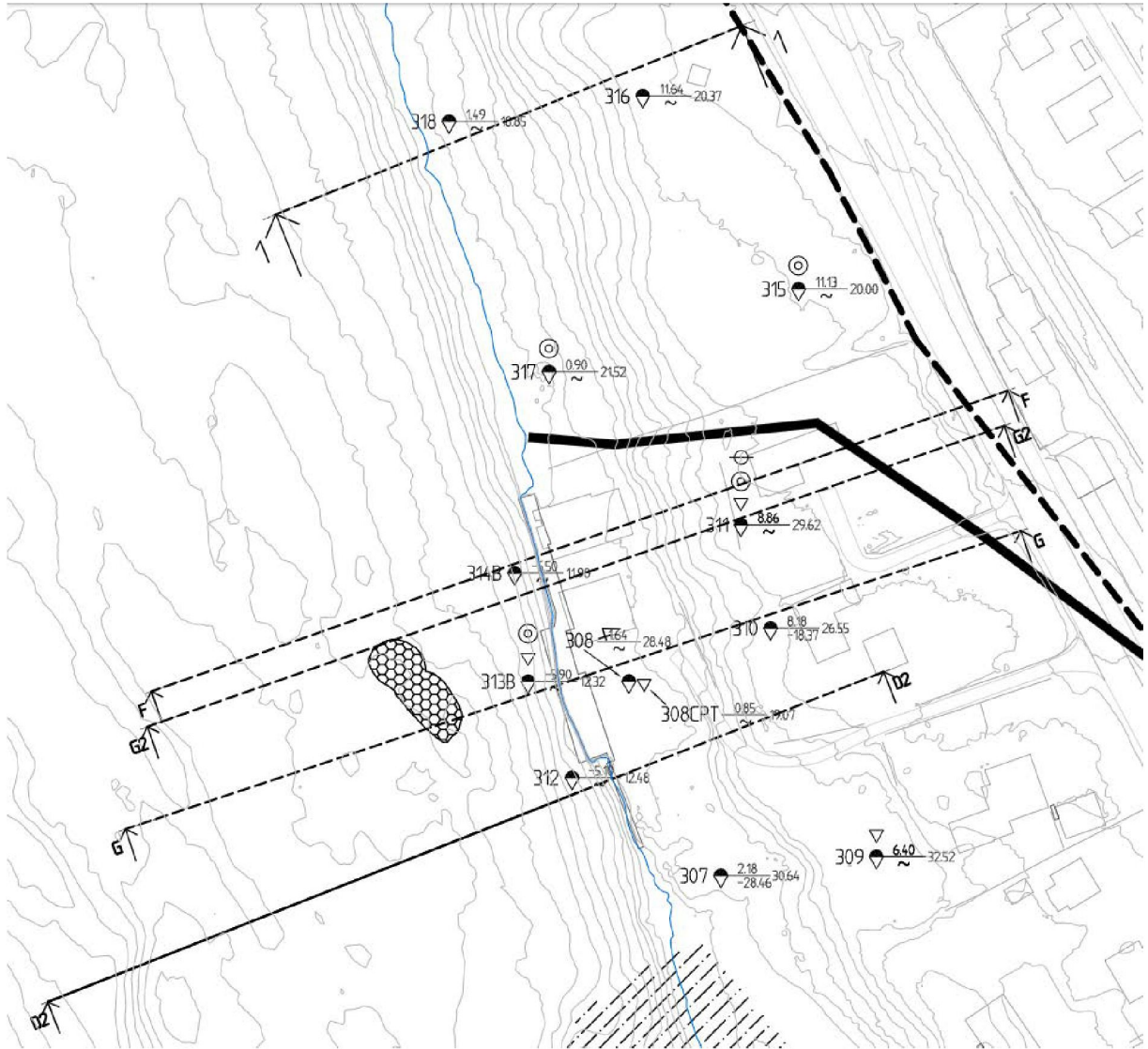
Nedenstående figur viser utstrekning og plassering av de prosjekterte sikringstiltakene. De røde linjene viser utstrekningen av fyllingen under vann og avlastningsområdet på land.



Figur 1. Utstrekning og plassering av skredsikringstiltakene på Bøle.

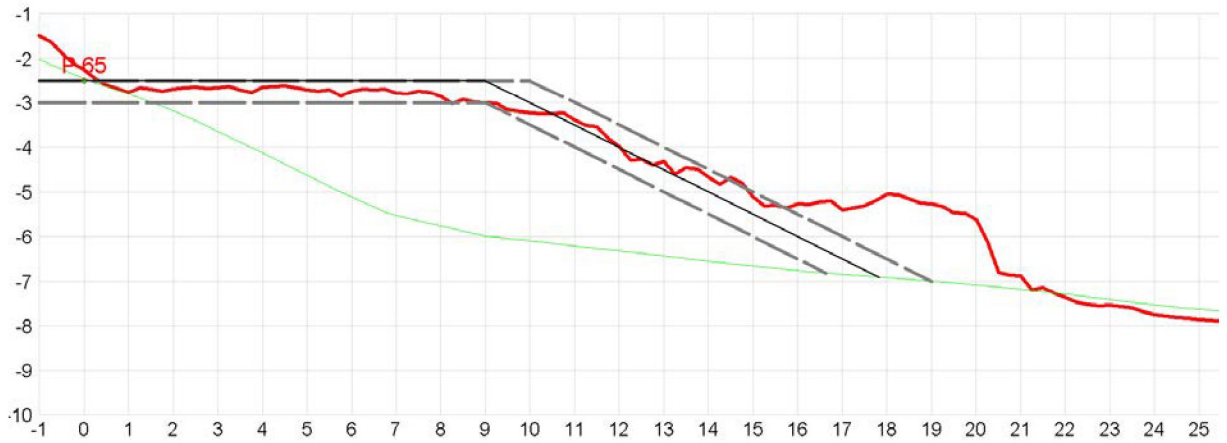
2. Utført tiltak

Tiltakene er prosjektert etter stabilitetsberegningene fra NGI som er beskrevet i detaljer i rapporten «Stabilitetsanalyser av kvikkleiresoner 56 Bøle i Skien kommune» (1). Følgende kart er tatt ut fra dette dokumentet (Figur 2).

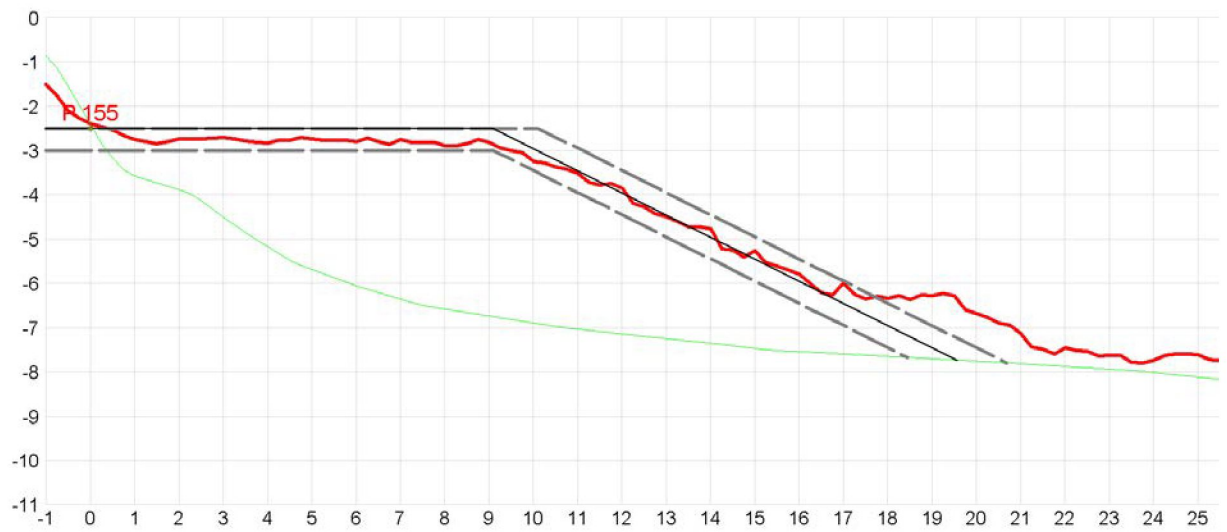


Figur 2: NGIs opprinnelige prosjektering av sikringstiltak for Bøle Nord (Tegning 011B fra rapport 20130896-02-R (1)), som ble tilpasset av NVE ilt prosjektet og godkjent av NGI, ref. dokument 2. Figur 1 viser endelig utstrekning av sikringen.

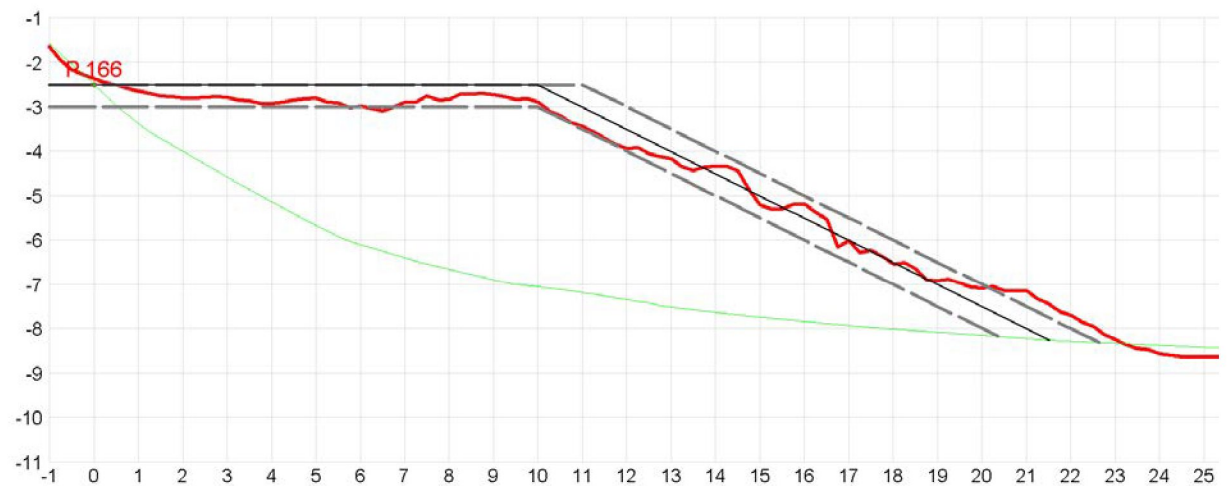
NVE tilpasset tverrprofilene fra NGI slik at støttefyllingen kunne praktisk bygges. De nye tverrprofilene ble sjekket og godkjent av NGI og Grunnteknikk, som gjennomførte uavhengig kontroll av prosjektering (Dokumentene 2 og 3). Følgende figurene viser de prosjekterte profilene (svart linje) med tillatte toleranser (grå stiplede linjer) og den ferdige fyllingsgeometrien (rød linje). Den ferdige geometrien ble innmålt med multistråle ekkolodd kombinert med GNSS+RTK. Flere detaljer angående kontroll av fyllingen finnes i rapporten for uavhengig kontroll (dokument 4).



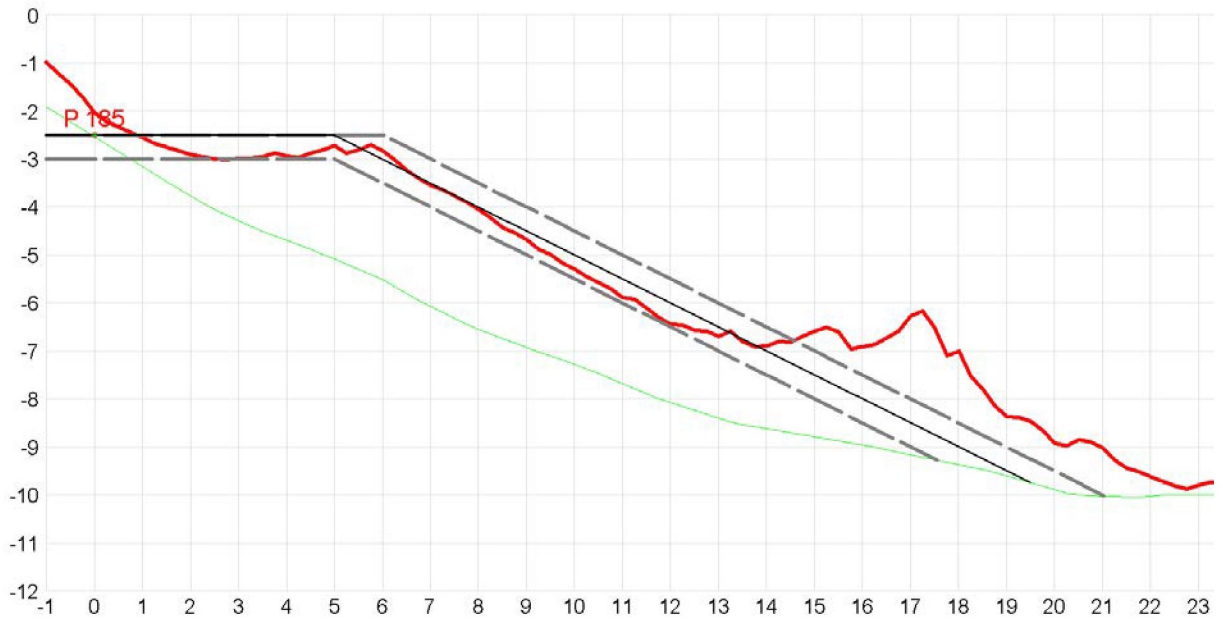
Figur 3: Profil 1 iht. kartet vist i figur 2.



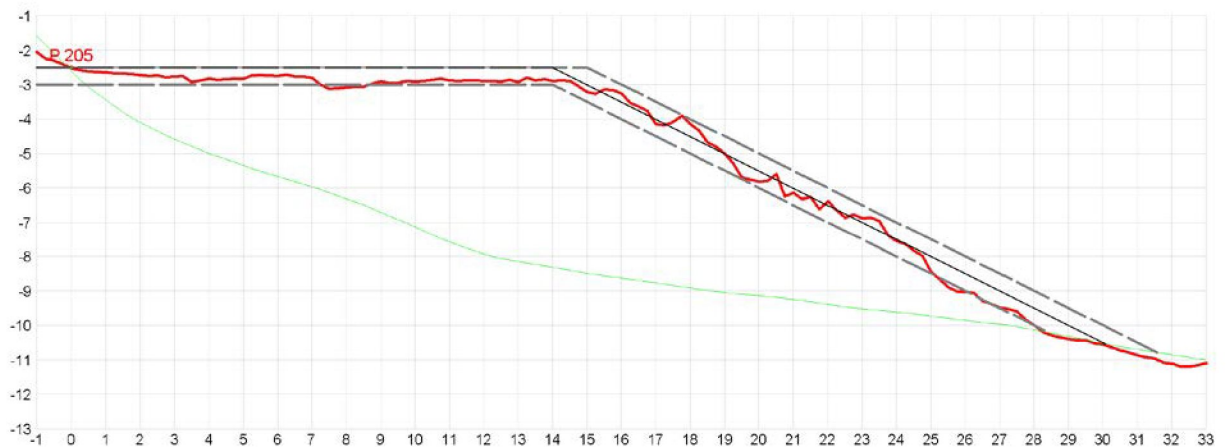
Figur 4: Profil F iht. kartet vist i figur 2.



Figur 5: Profil G2 iht. kartet vist i figur 2.



Figur 6: Profil G iht. kartet vist i figur 2.



Figur 7: Profil D2 iht. kartet vist i figur 2.

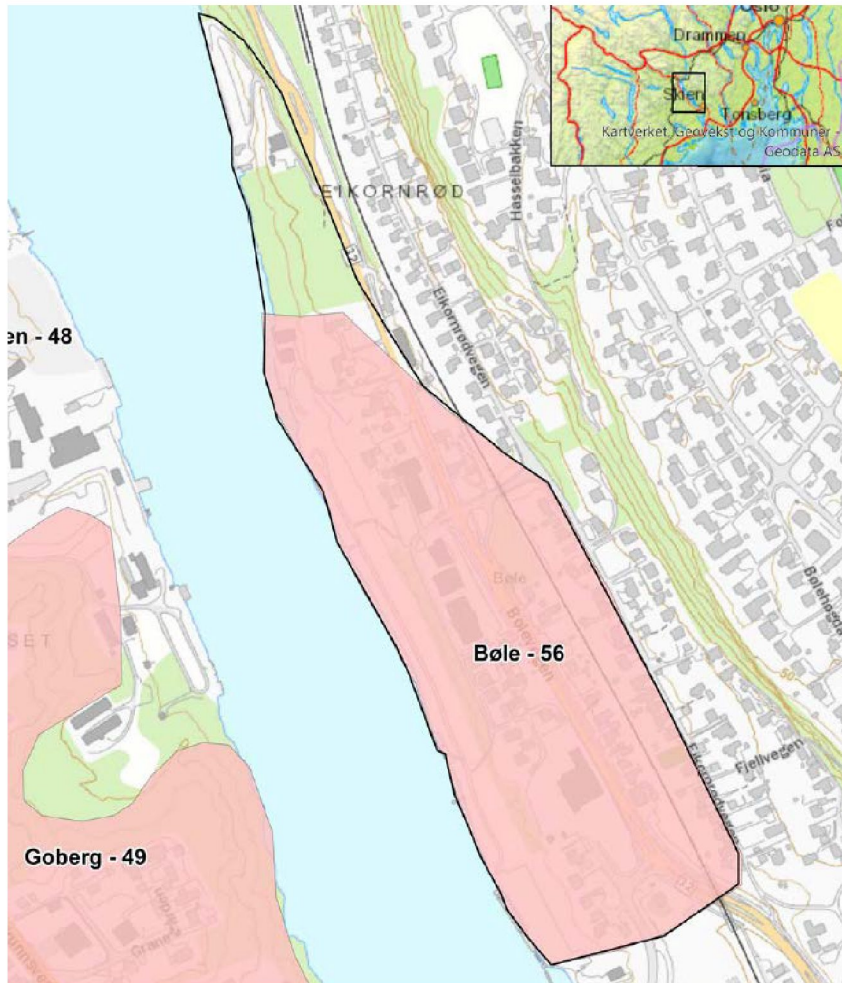
Under fyllingsarbeidene ble det oppdaget at bunnen på strekningen mellom Profil 1 og Profil F var bløtere enn antatt og fyllingen ble tilpasset etter anbefalingene fra NGI (se dokumentene 4 og 5). Avvikene på disse profilene resulterer fra disse tilpasningene. Avvikene i Profil G resulterer fra feildumping i starten av fyllingsarbeidene, men pga. at steinene ligger i foten av støttefyllingen ble områdestabiliteten ikke redusert.

Avlastningsområdet

Den geometriske avviket mellom prosjektert og utført arbeid i avlastningsområdet ble kontrollert med fysiske, kontrollmålinger ved hjelp av RTK-GNSS. Disse målingene samsvarer bra med prosjekteringsgrunnlaget (Figur 8). Noen større, positive avvik langs avlastningskanten er pga. nødvendig tilpasning til eksisterende terreng.

avsluttet sør for Nicanorvraket, der det var kjent at stabiliteten fortsatt var noe lav og at det var behov for mer tiltak for å sørge for at hele sonen var sikret tilstrekkelig. Derfor ble sikringstiltaket videreført som Bøle Del 2.

I NGI-rapport fra 2020 «Stabilitetsanalyser av kvikkleiresoner 56 Bøle i Skien kommune» (1) ble det gjort en geoteknisk utredning av nordre del av kvikkleiresona. Det kom fram at kvikkleira strakk seg lengre nordover langs Skienselva enn det som tidligere var avmerket, og at sonegrensa måtte utvides opp forbi Bølevegen 118, se Figur 9.



Figur 9. Utvidelsen av kvikkleiresone 56 Bøle i nord i fbm. utredningen av NGI i 2020.

På grunn av soneutvidelsen måtte det gjøres en ny vurdering hvor langt oppover sikringen skulle gå. Området nord for Bølevegen 130 var ikke er utbygget. Den viktigste hensikten med å sikre dette området var derfor å sørge for at bebyggelsen sør for dette ble tilstrekkelig sikret mot kvikkleireskred som kunne starte her og forplante seg sidevegs inn mot bebyggelsen. Det ble foreslått av NGI å oppnå dette på følgende vis (se Figur 2):

- Langs den opprinnelige kvikkleiresonen, dvs i strekningen som er bebygd i dag (profil D2, G, G2 og F) sør for tomtegrensen ved Bølevegen 130, skal foreslåtte tiltak gjennomføres i henhold til kravene gitt i NVEs kvikkleireveileder.
- I sonen fra tomtegrensen og nordover til ravinen ca. 100 m lenger nord, skal det gjennomføres tiltak som bedrer situasjonen, men som ikke nødvendigvis tilfredsstiller kravene til ny bebyggelse i dette området. Behovet for stabiliserende tiltak i dette området er i første rekke relatert til videre utvikling sørover til eksisterende bebyggelse fra en potensiell utglidning ved profil 1-1. Man anser det derfor akseptabelt å avvike noe fra



- kravene gitt i kvikkleireveilederen, og heller vurdere omfang av sikring i forhold til hva som er mulig å få til ut fra de gjeldende forhold (topografi, utfylling i elva).
- Nord for ravinen behøves det ikke noen stabilitetssikrende tiltak for å sikre bebyggelsen sør for Bølevegen 130. Årsaken er at et skred initiert i dette området er vurdert til å ha et løsnemråde som ikke vil nå helt ned til dagens bebyggelse sør for tomtegrensen.

Beregningsprofilene fra NGI-rapport «Stabilitetsanalyser av kvikkleiresoner 56 Bøle i Skien kommune» (1) ble som nevnt tidligere justert av NVE slik at støttefyllingen kunne praktisk bygges. Denne justeringen ble kontrollert av NGI og endret ikke oppnådd sikkerhet, ref. dokument (2).

Ferdigbygget tiltak er kontrollert opp mot beregningsprofilene, som vist i kap. 2. Oppmålingen viser at tiltaket er bygget som prosjektert, og at ønsket sikkerhetsfaktor er oppnådd.

Sikringen av Bøle Nord, som vist Figur 1, medfører at området fra Bølevegen 130 og sørover er tilstrekkelig sikret for ny bebyggelse iht. kravet om forbedring i TEK17.

For den delen av sonen som ligger nord for Bølevegen 130 er det ikke sikret opp til nivået for «forbedring». Ved fremtidig utbygging eller andre former for tiltak i sonen kan det derfor være behov for å utvide sikringstiltaket nord for Bøleveien 130 iht. kravene gitt i TEK17.



4. Referanser

1: [NGI \(2020\): Rapport 20130896-02-R, rev 3: Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune, datert 20.1.2020](#) (P360 Dokumentnr. 201802078-70)

2: NGI (2020): Bøle – reviderte tverrprofiler til NGI (P360 Dokumentnr.: 201801078-88)

3: [GrunnTeknikk AS \(2020\): Rapport 114038n1 Skien. Bøle faresone, kontroll prosjekterte sikringstiltak. Geoteknisk kontrollrapport, datert 03.04.2020](#) (P30 Dokumentnr.: 201802078-70)

4: NVE (2021): Sluttrapport Uavhengig kontroll: Utførelse av skredsikringstiltak på Bøle – del 2. (Bøle Nord) (P360 Dokumentnr.: 201802078-221)

5: NGI (2021): Tekniske notat: Vurdering av lokal stabilitet ved etablering av støttefyllingen i Skienselva (P360 Dokumentnr.: 20190401-02-TN)

6: [NVEs tiltaksplan \(2020\): Skredsikringstiltak i Skienselva. Parsell Bøle - del 2. \(Bøle Nord\), datert 20.08.2020](#) (P360 Dokumentnr 201802078-103)

From: Bjørn Gudleik Kalsnes <Bjorn.Kalsnes@ngi.no>
Sent: torsdag 25. juni 2020 14.42
To: Eirik Traae
Cc: Vittoria Capobianco; Martin Nørman Jespersen; Svein Arne Jerstad; Torsten Starkloff
Subject: SV: Bøle - reviderte tverrprofiler til NGI
Attachments: Bøle_Sammendrag_reviderte profiler juni 2020 .docx

Hei dere,

Da har vi foretatt nye beregninger med de nye profilene. Resultatene er oppsummert i vedlagte dokument. Ønsker dere at vi lager et mer formelt notat rundt dette? Det kan i tilfelle gjøres i neste uke.

Enda kortere oppsummert:

1. Det er gjort nye beregninger for global stabilitet (hele skråningen), lokal stabilitet (nedre del av skråningen), lokal bæreevne (utgående stabilitet). Alle for udrenert tilstand (drenert gir mye høyere Fs).
2. Beregningene er gjort for NVEs forslag til tiltak, med 0.5m toleranse i fyllingshøyde. Dette er noe vi har diskutert tidligere i prosjektet med Harald Sakshaug.
3. Der det er to tall i tabellen er det ene for -0.5m fyllingshøyde, det andre for +0.5m fyllingshøyde. Grønne tall viser forbedring ift rapport, gule forverring, men innenfor akseptgrenser.
4. Som tidligere antydnet gir større fyllinger bedre global sikkerhet, men dårligere lokal bæreevne. Med toleranse -0.5m er beregningene for flere profiler tilsvarende de vi har regnet for tidligere.
5. **Forslag til endring endrer ikke tidligere konklusjoner. Bortsett fra profil 1 er alle tiltakene innenfor kravene i stabilitet til NVE (2014). For profil 1 er det forbedring, men ikke tilstrekkelig iht veilederen. Dette har vi diskutert med dere tidligere, inkludert i rapporten vår.**
6. **Lokal bæreevne er tilstrekkelig, selv med toleranse +0.5m.**

Jeg håper dette er tilstrekkelig for at dere kan gå videre med prosjektet.

 Med vennlig hilsen
BJØRN GUDLEIK KALSNES
Seniorspesialist

M +47 911 26 128
T +47 22 02 30 00
NGI.NO

Tenk på miljøet før denne e-posten skrives ut

Fra: Eirik Traae <eit@nve.no>
Sendt: mandag 22. juni 2020 16:34
Til: Bjørn Gudleik Kalsnes <Bjorn.Kalsnes@ngi.no>
Kopi: Vittoria Capobianco <vittoria.capobianco@ngi.no>; Martin Nørman Jespersen <mnj@nve.no>; Svein Arne Jerstad <saj@nve.no>; Torsten Starkloff <tors@nve.no>
Emne: SV: Bøle - reviderte tverrprofiler til NGI

Flott, da venter vi spent på resultatene i slutten av uken.,

Da dette er under vann er vi avhengig av et så likt og enkelt opplegg som mulig. Og erfaringene viser at en må ha betydelig større toleranser under vann enn over vann.

Mvh
Eirik Traae
eit@nve.no
916 267020

Fra: Bjørn Gudleik Kalsnes <Bjorn.Kalsnes@ngi.no>
Sendt: mandag 22. juni 2020 12:45

Til: Eirik Traae <eit@nve.no>

Kopi: Martin Nørman Jespersen <mnj@nve.no>; Torsten Starkloff <tors@nve.no>; Svein Arne Jerstad <saj@nve.no>; Vittoria Capobianco <vittoria.capobianco@ngi.no>

Emne: SV: Bøle - reviderte tverrprofiler til NGI

Hei dere,

Takk for oversendt materiale. Det ser ut som dere har økt størrelsene av motfyllingene. Det er jo normalt positivt for den "globale" stabiliteten, men negativ for den lokale bæreevnen. Vi skal sette i gang med å gjøre nødvendige beregninger, og regner med å komme tilbake til dere senere i uka med resultater.

 Med vennlig hilsen
BJØRN GUDLEIK KALSNES
Seniorspesialist

M +47 911 26 128
T +47 22 02 30 00
NGI.NO

Tenk på miljøet før denne e-posten skrives ut

Fra: Eirik Traae <eit@nve.no>

Sendt: mandag 22. juni 2020 10:42

Til: Bjørn Gudleik Kalsnes <Bjorn.Kalsnes@ngi.no>

Kopi: Martin Nørman Jespersen <mnj@nve.no>; Torsten Starkloff <tors@nve.no>; Svein Arne Jerstad <saj@nve.no>

Emne: VS: Bøle - reviderte tverrprofiler til NGI

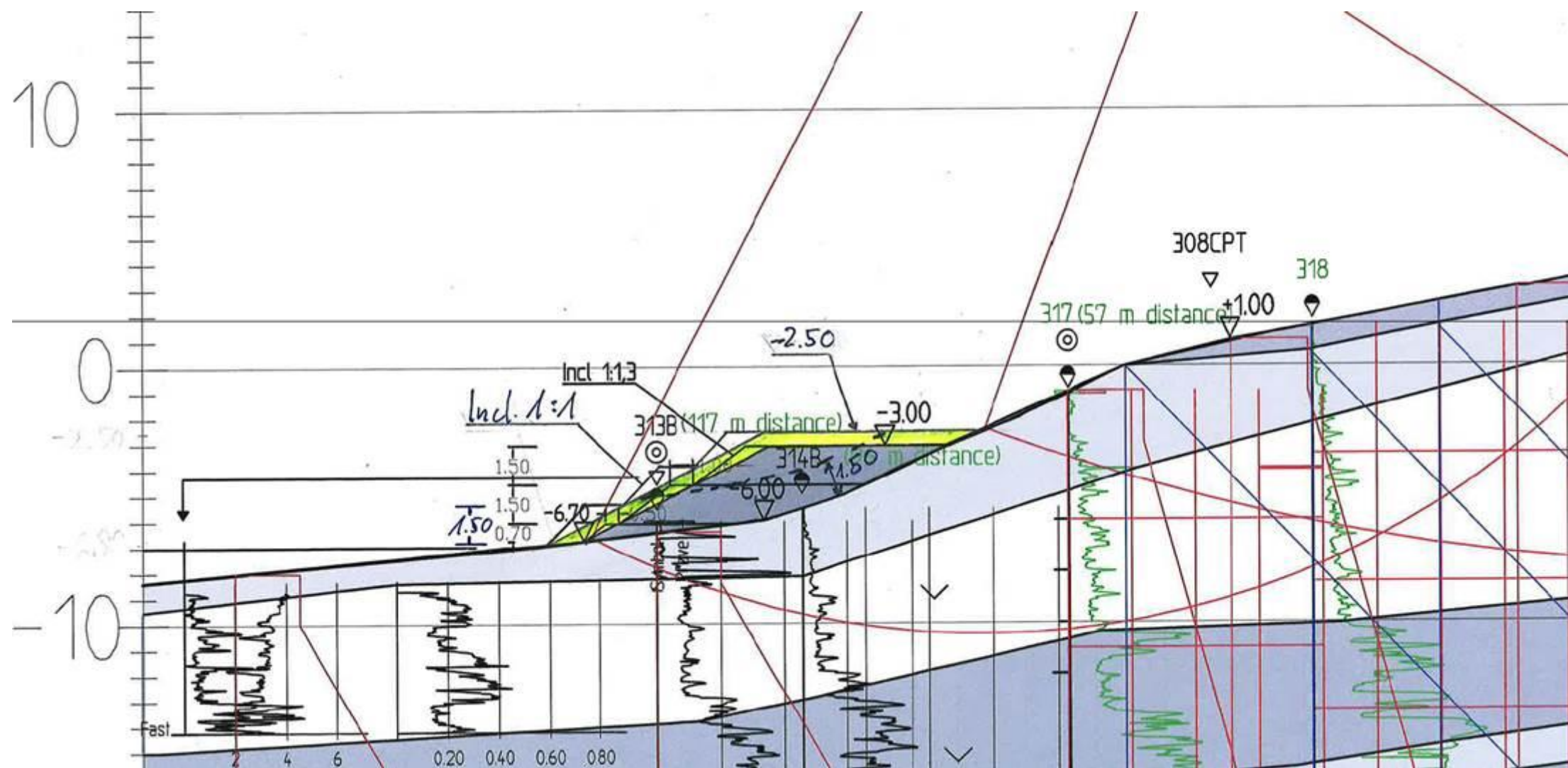
Hei!

Som tidligere nevnt har vi nå sett litt nærmere på profilene fra dere og har forsøkt å komme med noen konkrete justeringer, slik at den totale fyllingsgeometrien henger bedre sammen, er litt enklere å utføre anleggsteknisk og litt bedre hydraulisk utformet. I tilbakemeldingen under har vi delt opp i hhv undervannsfylling og avlastning. Fint hvis dere så snart dere har anledning kan legge inn de foreslåtte justeringene og kontrollere om det er noe som bidrar til uakseptabel forverring ift det opprinnelige utkastet til geometri fra dere.

Undervannsfyllingen:

Profil 1:

1. Heve overflaten av hele fyllingen med 0.5m (vertikalt), slik at toppkote platå blir -2.5
2. Legge ut lagvis, med jevn lagtykkelse (altså følge elvebunnen) på tilnærmet 1.5m. Begynne ytterst og som utgangspunkt fullføre et helt lag innover før start på neste lag, helt ytterst.
3. Skråning ytterkant av hvert utlagt «lag» tilsvarende rasvinkel (1:1)

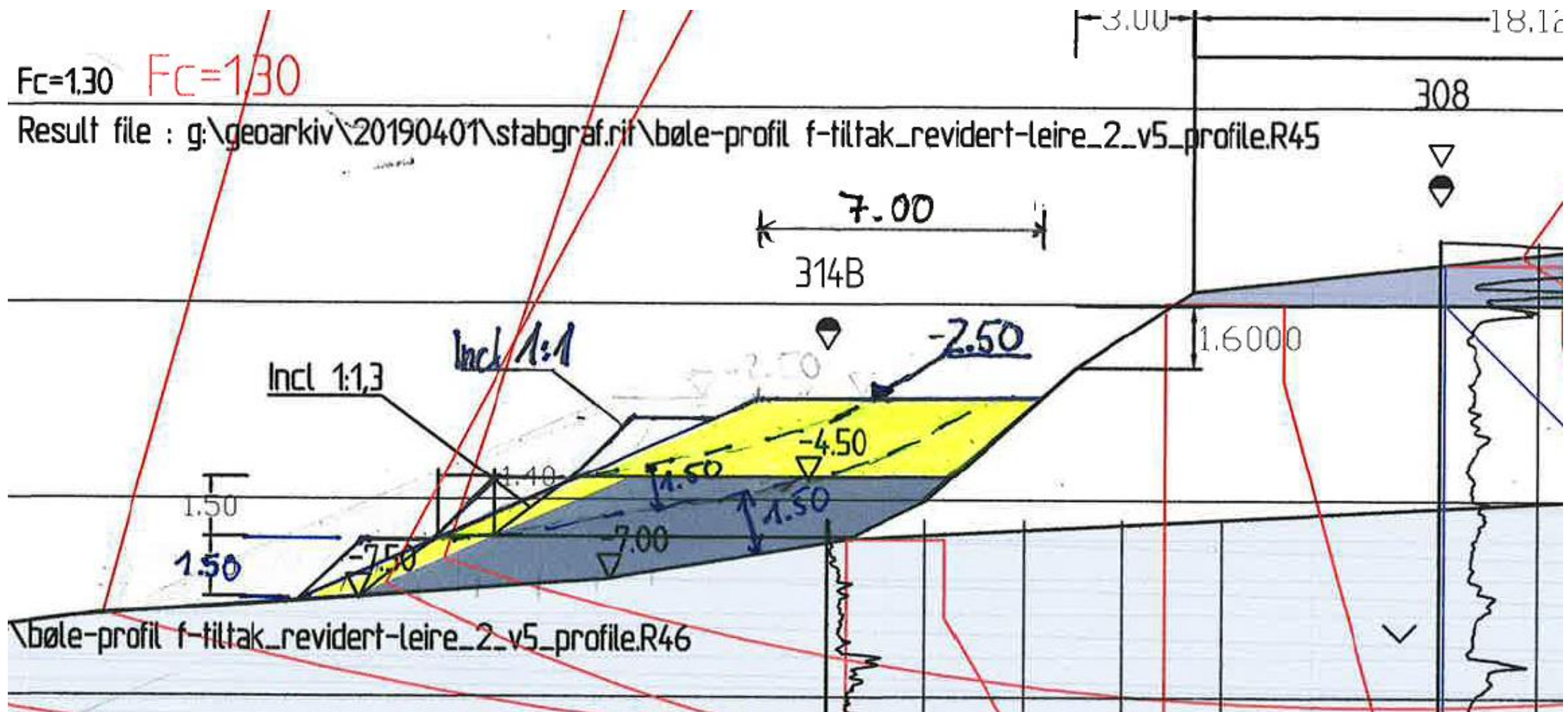


Profil F:

1. Heve toppkote platå til -2.5. Bruke samme platåbredde som profil 1, dvs = 7.0m
2. Heve overflaten av skråningen på utsiden av platået med 0.5m (vertikalt)
3. Legge ut lagvis, med jevn lagtykkelse (altså følge elvebunnen) på tilnærmet 1.5m. Begynne ytterst og som utgangspunkt fullføre et helt lag før start på neste lag, helt ytterst.
4. Skråning ytterkant av hvert utlagt «lag» tilsvarende rasvinkel (1:1)

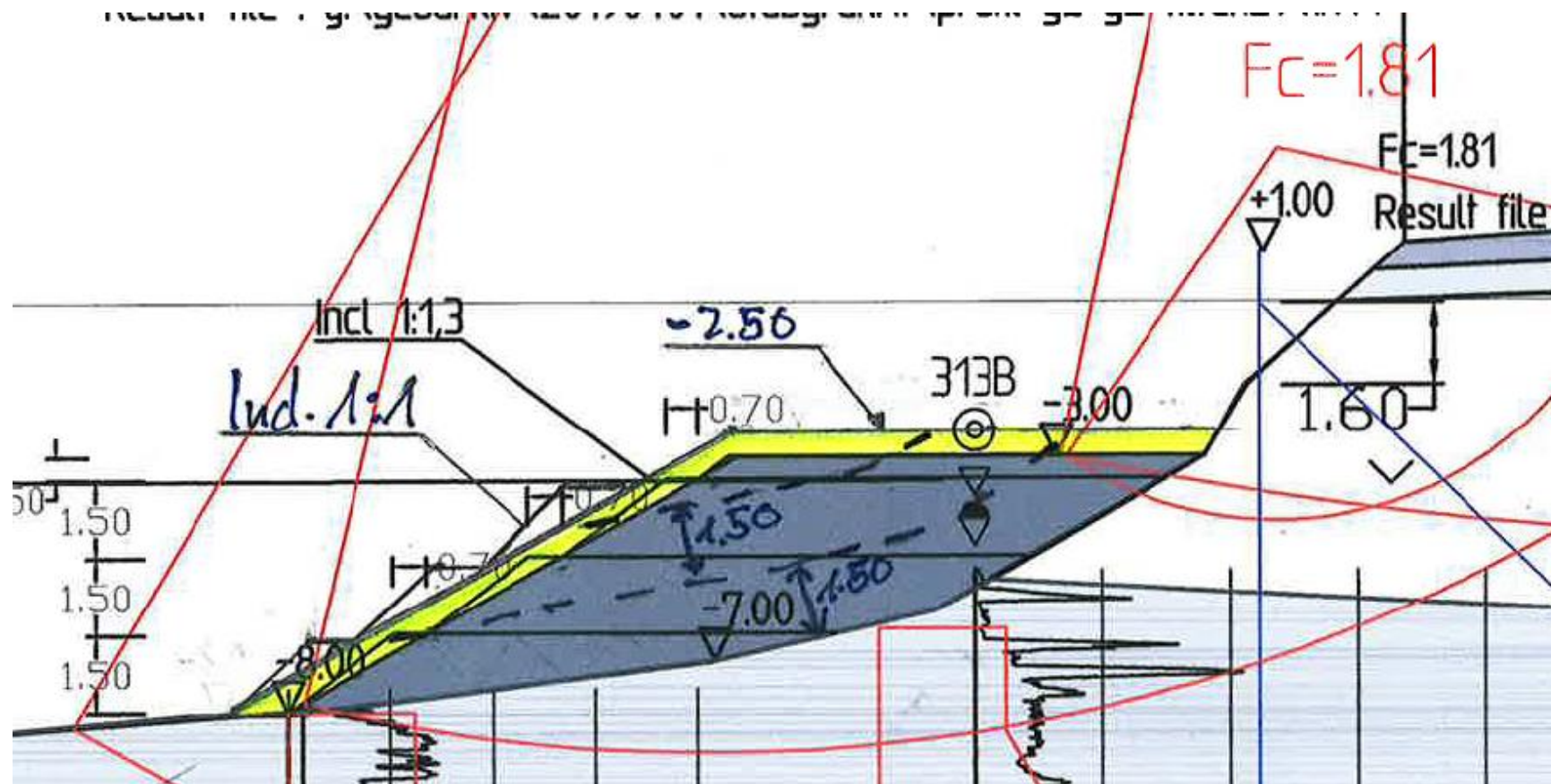
Fc=1.30 Fc=1/30

Result file : g:\geoarkiv\20190401\stabgraf.rif\bøle-profil f-tiltak_revidert-leire_2_v5_profile.R45



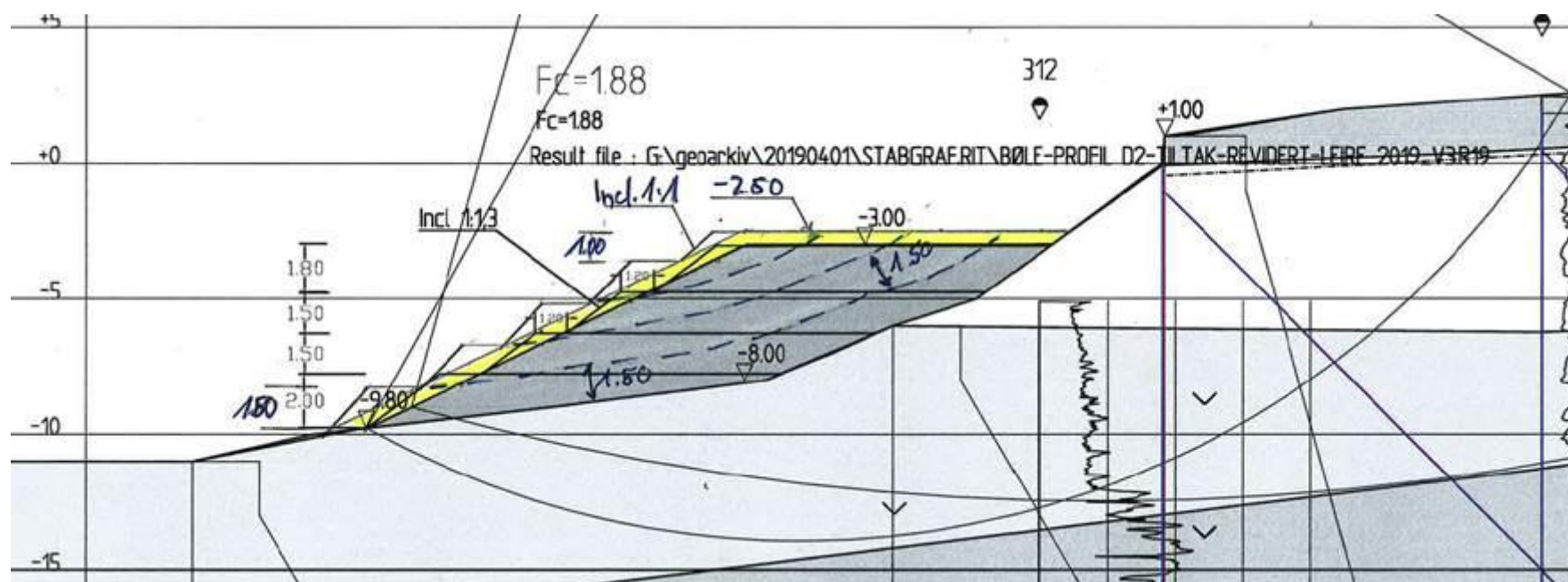
Profil G2:

1. Heve overflaten av hele fyllingen med 0.5m (vertikalt), slik at toppkote platå blir -2.5
2. Legge ut lagvis, med jevn lagtykkelse (altså følge elvebunnen) på tilnærmet 1.5m. Begynne ytterst og som utgangspunkt fullføre et helt lag innover før start på neste lag, helt ytterst.
3. Skråning ytterkant av hvert utlagt «lag» tilsvarende rasvinkel (1:1)



Profil G:

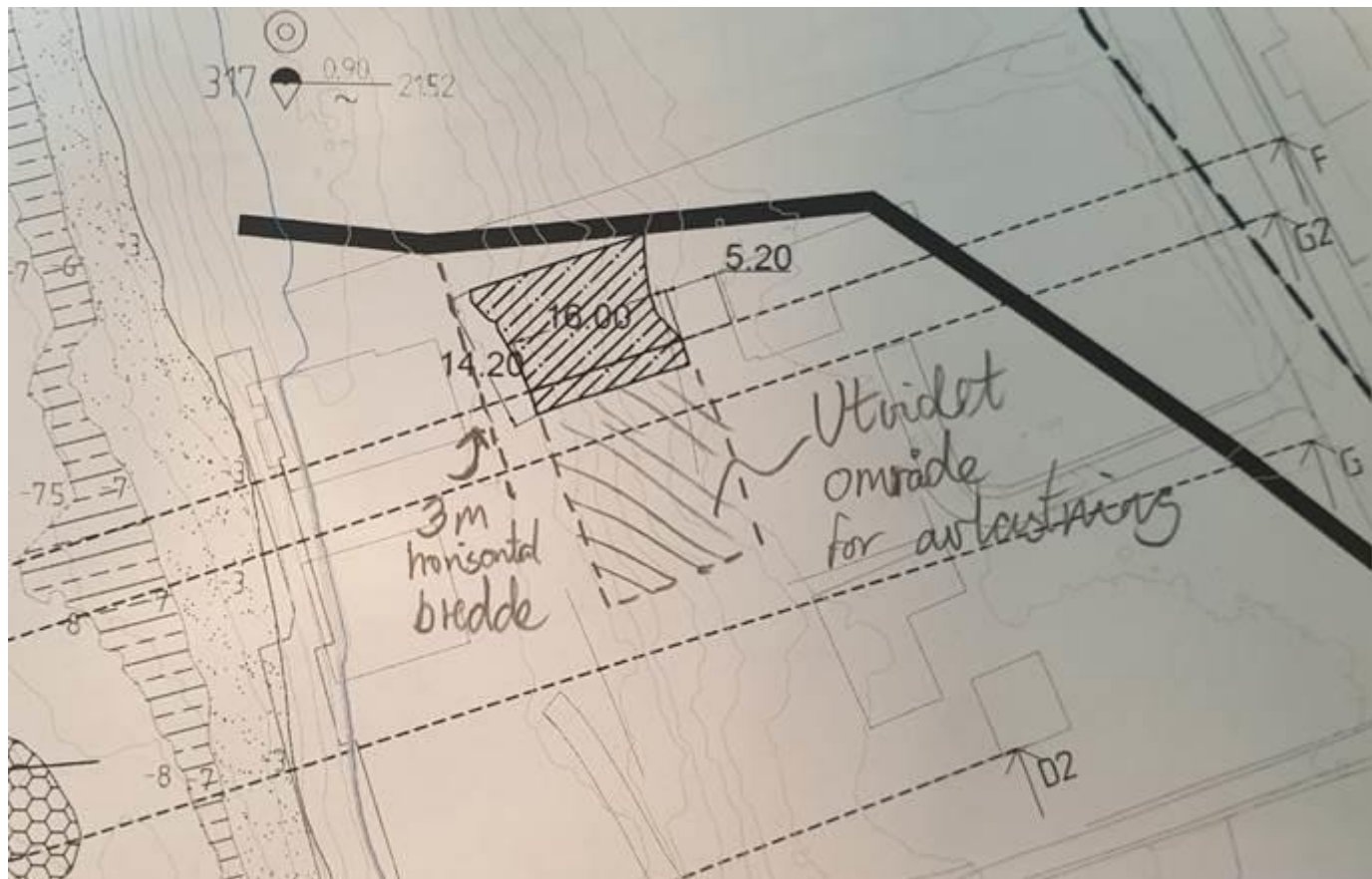
1. Heve overflaten av hele fyllingen med 0.5m (vertikalt), slik at toppkote platå blir -2.5
2. Legge ut lagvis, med jevn lagtykkelse (altså følge elvebunnen) på tilnærmet 1.5m. Begynne ytterst og som utgangspunkt fullføre et helt lag innover før start på neste lag, helt ytterst.
3. Skråning ytterkant av hvert utlagt «lag» tilsvarende rasvinkel (1:1)



Terrengavlastning

Mht terrengavlastningen har det dukket opp et ønske fra kommunen om å legge til rette for en (fremtidig) gangvei i foten av skråningen på land. Det er ønskelig med 3m horisontal bredde her, og dette krever noe graving i foten av skråningen (profil F) for å få plass mellom bygning og skråning. Dere må se på om dette faktisk er mulig å få til vha noe større avlastning i skråningen. Samtidig foreslår vi også avlastning i profil G2 slik at det kanskje er mulig å oppnå %-vis forbedring for den lokale (øvre) glidesirkelen som uten avlastning oppnådde materialfaktor 1.30, mens %-vis forbedringskravet var 1.32. Opprinnelig var det også planlagt avlastning her, og dersom tilstrekkelig forbedring her kan oppnås ved denne avlastningen ønsker vi heller dette enn å argumentere med 3D-effekter. Økonomisk og anleggsteknisk er det svært enkelt å gjennomføre avlastningen tilsvarende opprinnelig omfang, når vi først er inne med anleggsvei osv.

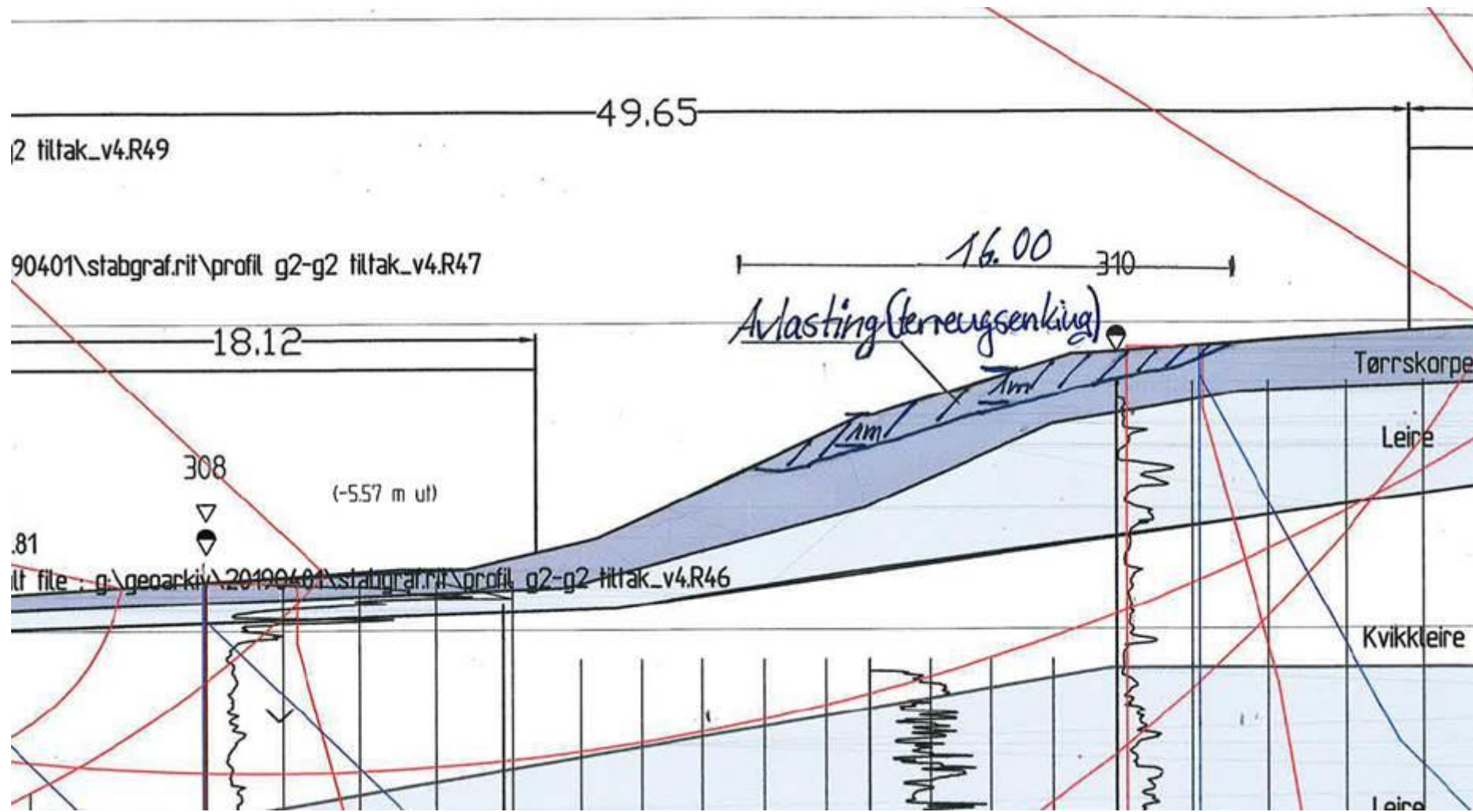
Plankart med foreslått utvidelse av avlastningsområdet samt skissert plassering av området med ønsket 3m horisontal terreng:



Profil F med inntegnet, ønsket horisontalt terreng:



Profil G2 med utkast til avlastning, tilsvarende profil F, for (om mulig) å oppnå tilstrekkelig %-vis forbedring (1.32) også for profil G2



Ta kontakt dersom det er spørsmål eller noe er uklart.
 Endringene vi har foreslått er for å lettere kunne gjennomføre anlegget.

Mvh
 Martin Jespersen (+47 468 04660)
 Og Eirik Traae (916 27020)
 NVE region sør

The confidentiality or integrity of this message can not be guaranteed following transmission on the Internet. The addressee should be aware of this before using the contents of this message.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Sluttrapport

Uavhengig kontroll: Utførelse av
skredsikringstiltak på Bøle – del 2. (Bøle
Nord)

Dok.dato: 20.05.2021	Saksnr.: 201802078 - 16
Revidert:	Vassdragsnr.: 016.A121
Kommune: Skien	NVE Region Sør
Fylke: Vestfold og Telemark	Postboks 2124, 3103 TØNSBERG
Inngrepsnr.: 20134/12972	Tlf.: 22959740 Epost: rs@nve.no



Tiltaksnr:	Vassdragsnr.:	Beskrivelse:	
20134/12972	016.A121	Uavhengig kontroll: Utførelse av skredsikringstiltak på Bøle – del 2 (Bøle Nord)	
Utarbeidet av:	Martin Nørman Jespersen, Torsten Starkloff	Adm.enhet: RS	Sign.:  
Kontrollert av:	Eirik Traae, Svein Arne Jerstad	Adm.enhet: RS	Sign.:  
Saksnr: 201802078 - 211	Arkiv: 411	Kommune: Skien	Fylke: Vestfold og Telemark

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	3
2. Kontrollomfang	5
3. Grunnlagsdokumenter for kontrollen	7
4. Beskrivelse av gjennomført kontrollarbeid	8
5. Oppsummering og konklusjon	21



1. Innledning

NVE har gjennomført uavhengig og utvidet kontroll av den geotekniske utførelsen av skredsikringstiltakene på Bøle – del 2 (Bøle Nord). Sikringstiltakene består av utlegging av ca. 18 500 m³ stein som støttefylling og erosjonssikring i Skienselva over en strekning på 270 m fra kote -11 m til kote -2,5 og dekker et areal på ca. 5500 m². I tillegg er deler av terrenget ned mot elva ved Bøleveien 130 justert (Figur 1) og det er avlastet totalt 1150 tonn løsmasser / tørrskorpe, se Tegning 902 i vedlegget 1.

NVE er ansvarlig søker for tiltakene og Skien kommune er tiltakshaver.

NGI er ansvarlig for geoteknisk prosjektering – stabilitetsberegninger, mens NVE er ansvarlig for øvrig geoteknisk prosjektering.

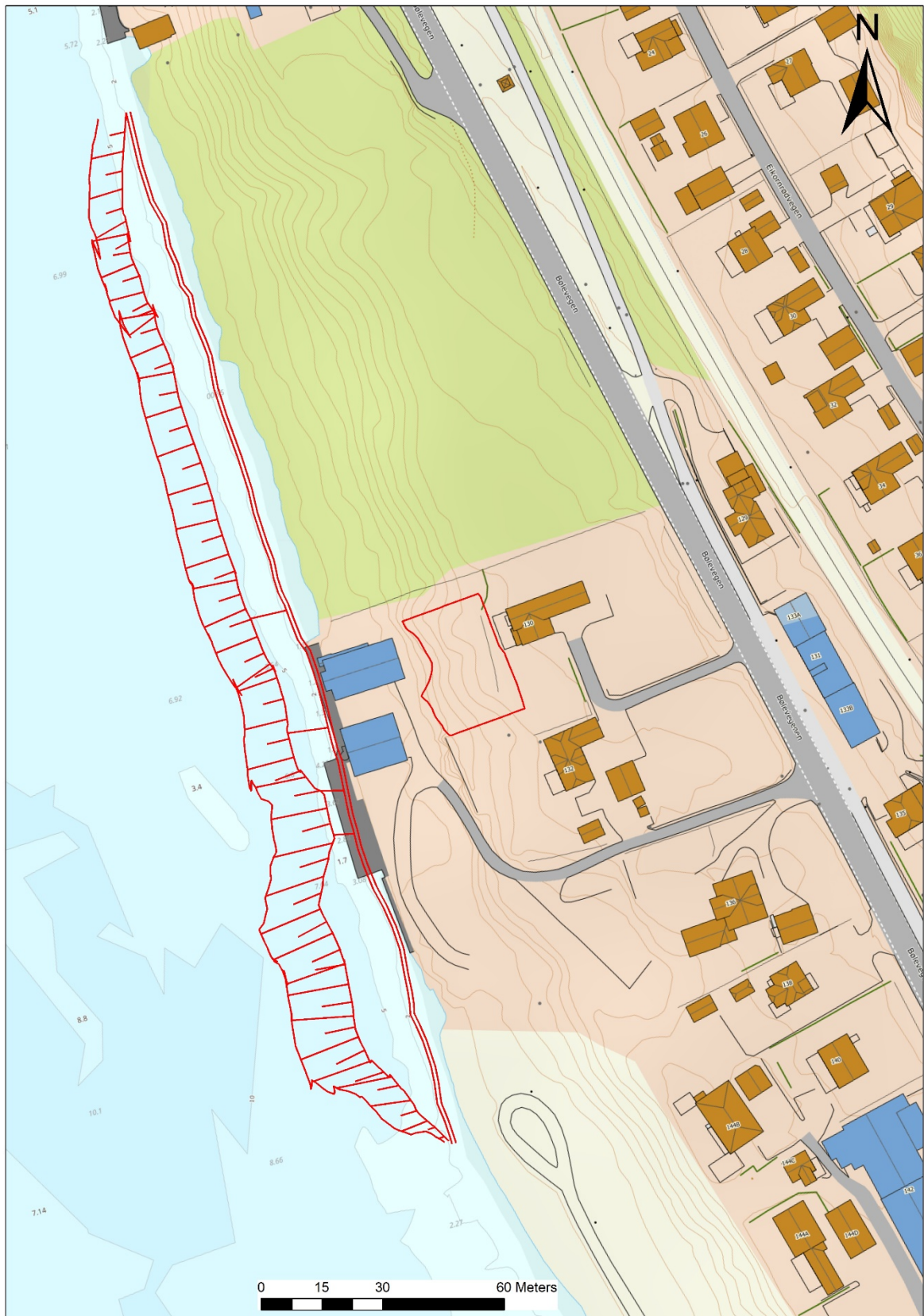
Ansvarlig utførende entreprenør for støttefyllingen og avlastingen har vært Morgedal Entreprenør AS med Agder Marine AS som underleverandør. Utførende entreprenør blir i det følgende samlet kalt «ME».

Kontaktpersoner hos utførende entreprenører har vært: Ole Bjørnø Andersen og Helge A. Byggland fra ME.

Byggeleder har vært Svein Arne Jerstad (NVE).

Den uavhengige kontrollen av utførelsen av skredsikringstiltakene på Bøle – del 2 (Bøle Nord) har blitt gjennomført av Martin Jespersen og Torsten Starkloff fra NVE.

Nedenstående figur viser utstrekning og plassering av de prosjekterte sikringstiltakene. De røde linjene viser utstrekningen av fyllingen under vann og avlastningsområdet på land.



Figur 1. Utstrekning og plassering av skredsikringstiltakene på Bøle.



2. Kontrollomfang

Uavhengig kontroll er gjennomført i henhold til kravene gitt i:

- Plan- og bygningsloven (pbl) med tilhørende byggesaksforskrift (SAK10).

Utvidet kontroll er gjennomført i henhold til kravene gitt i:

- Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016).
- Eurokode 7-1 (NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA2020).

Utførelsen av sikringstiltakene på Bøle er plassert i tiltaksklasse 3 (SAK10), geoteknisk kategori 3, konsekvens- og pålitelighetsklasse CC/RC 3 (Eurokode 0) og dermed utførelseskontrollklasse (UKK) 3.

Kontrollomfanget for uavhengig kontroll beskrives i SAK10. I §14-2c (geoteknikk) står det følgende for utførelse av tiltak i tiltaksklasse 2 og 3:

«...kontrollkravet for utførelse begrenses til at geotekniske oppgaver er gjennomført og dokumentert som prosjektert, herunder at de er fulgt opp og rapportert som anvist av prosjekterende».

I veiledningen utdypes dette: «for kontroll av utførelse skal det påvises ved stikkprøver at:

- forutsetninger i prosjekteringen er representative for forholdene på byggeplassen
- rapportering fra byggeplassen skjer i henhold til geoteknisk kategori».

I §14-7 tilføyes følgende: «i kontroll av utførelse skal det kontrolleres

- a. at ansvarlig utførende har rutiner for kvalitetssikring av arbeidet som skal utføres innenfor kontrollområdet i henhold til relevante krav i eller med hjemmel i plan- og bygningsloven, og at rutinene og kravene er fulgt og dokumentert
- b. at produksjonsunderlaget er tilgjengelig på byggeplassen og at tiltaket blir utført i henhold til produksjonsunderlaget
- c. at nødvendig produktdokumentasjon er tilgjengelig og at produktene brukes i samsvar med forutsetningene
- d. at avvik lukkes ved å etterkomme kontrollerendes merknad eller ved verifikasjon av samsvar med tekniske krav. Der avvik ikke lukkes skal det gis melding om dette, jf. §12-5 første ledd bokstav d».

Kontrollomfanget for utvidet kontroll i henhold til Eurokode (0), bestemmes av valgt pålitelighetsklasse (CC/RC), utførelseskontrollklasse (UKK) og angis i NA.A1 (904.4):

«Utvidet kontroll i utførelseskontrollklasse UKK3 innebærer en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende foretaket. Det utførte arbeidet skal i tillegg kontrolleres tilstrekkelig til å gi tillit til at arbeidet er tilfredsstillende.

Kontrollen kan være basert på stikkprøver og skal være tilpasset de funn som blir gjort. Spesielt viktige og kritiske områder av betydning for byggverkets sikkerhet skal kontrolleres. Den utvidede kontrollen skal utføres parallelt med utførelsen der dette er hensiktsmessig, og det skal legges til rette for gjennomføringen».

Det er altså delvis overlappende krav for gjennomføring av hhv uavhengig og utvidet kontroll og i praksis gjennomføres kontrollarbeidet vanligvis derfor samtidig. I denne rapporten er begge kontrollene derfor også beskrevet samtidig og integrert.



Kapittel 4 i Eurokode 7-1 beskriver en rekke konkrete krav og føringer for kontroll og overvåking av anleggsutførelsen. Omfanget av dette er primært bestemt av geoteknisk kategori for tiltaket. Relevante krav for det aktuelle tiltaket er nærmere beskrevet i den geotekniske rapporten / geotekniske kontrollplan for utførelsen.



3. Grunnlagsdokumenter for kontrollen

Følgende dokumentasjon har inngått som grunnlag for kontrollarbeidet:

1. Prosjektering

Tabell 1: Liste over dokumentasjon fra prosjektering

Dokument	Dokumentnavn
SHA plan	SHA-plan rev02_202001028
Prosjekteringsnotat som beskriver i detaljer hvordan sikringstiltakene ble prosjektert	Bøle_Prosjekteringsnotat_TORS_09112020
Notat om påvirkninger av tiltaket på vannstander og hastigheter i Skienselva	Modellering av vannstander og -hastigheter med og uten kvikkleiresikring, Bøle Nord01092020
Geoteknisk rapport for prosjektering av sikringstiltakene	1.GeotekniskRapport-Prosjekteringsforutsetninger_BøleNord_20200903_MNJ
Geotekniske kontrollplan for kontroll av utførelse	2.GeotekniskKontrollplan_Utførelse_BøleNord_20200903_MNJ
Sjekkliste for egen- og sidemannskontroll for prosjektering av sikringstiltakene	SjekklisteProSkredsikring_BøleNord_MNJ20210107
Arbeidstegning tverrprofiler av avlastingsområdet	Arbeidstegning_301_Tverrprofiler_Avlasting_A3_150_05112020
Arbeidstegning tverrprofiler av støttefylling	Arbeidstegning_302_Tverrprofiler_Støttefylling_A3_150_05112020
Arbeidstegning som viser situasjonsplan	Arbeidstegning_902_Situasjonsplan_Topo_A1_400_05112020
Arbeidstegning for anleggsveier	Arbeidstegning_903_Anleggsvei_Avkjørselsplan_Orto_A2_200_05112020
Arbeidstegning som viser eksisterende konstruksjoner over og under vann som påvirkes av anleggsarbeidet	Arbeidstegning_904_Brygge_vindeltrapp_lekterfrakmarkeringsbøye_Orst_A2_200_05112020
Arbeidstegning som viser avgrensninger av anleggsområdet	Arbeidstegning_905_Anleggsområdet_Orsto_A1_400_05112020
Sfi-fil av støttefyllingen produsert i Gemini Terreng 15	Fylling_NGI_1m_helning1-2_TS.sfi
Sfi-fil av avlastingsområdet produsert i Gemini Terreng 15	Avlasting_V2_20200729

2. Utførelse

Tabell 2: Liste over dokumentasjon mottatt fra ME/AM

Dokument	Dokumentnavn
Kontrollplan utarbeidet av ME	0305-033D Kontrollplan grunn 08.12.2020
Fyllingsplan utarbeidet av AM	Grids fyllingsplan
Sjekkliste for utlegging av støttefyllingen som dokumenterte i hvilket grid steiner ble lagt ut, når kontrollskanningen ble gjennomført og visuell sjekk av steinstørrelsen	Totalt 64 sjekklister ble fylt ut angående utlegging av støttefyllingen
Bilder av 3D modellen laget fra ekkoloddskanning av lektervraket som måtte fjernes. Bildene viser bunnen før og etter fjerning av lekteren	3D-modell av Lektervraket
Punktskyene fra multistråle ekkolodd skanninger gjennomført av AM	Totalt ble det oversendt 32 .gz filer
Sjekkliste for utlasting i avlastingsområdet	Utlasting i området med kvikkleir, og svartlistet art KS-SJEKKLISTER-00003
Dokumentasjon på steinstørrelse og egenvekt	Egenvekt 20/500: KS-DOKUMENTASJON PÅ STEIN-00002 Siktprøver: KS-DOKUMENTASJON PÅ STEIN-00001

4. Beskrivelse av gjennomført kontrollarbeid


4.1 Kontroll av entreprenørens rutiner og utført kvalitetssikring

På oppstartsmøtet 06.11.2020 gjennomgikk NVE som ansvarlig prosjekterende prosjektet med ME og Agder Marine AS. Under gjennomgangen ble det lagt spesiell vekt på de geotekniske rekkefølgebestemmelser for undervannsfylling og avlastning (1) med tilhørende kvalitetssikring av utførelsen. I tillegg ble det varslet at anleggsarbeidet er underlagt uavhengig kontroll. Krav til nødvendig og tilstrekkelig dokumentasjon av entreprenørens foretakssystem ble gjennomgått, med utgangspunkt i pbl og SAK10. Det ble etablert et «prosjekthotell» i programvaren «Str8line». Str8line ble brukt til å laste opp sjekklister og annen dokumentasjon gjennom prosjektperioden. Alle involverte i prosjektet hadde tilgang til dette systemet.

På oppstartsmøte og SHA overleveringsmøte (06.11.2020) presenterte ME/Agder Marine AS SHA plan, sjekklister og kontrollplan. Innholdet ble gjennomgått og diskutert på møte og ME oppdaterte sin kontrollplan (Figur 3) slik at den ivaretok kontrollmomentene angitt i den geotekniske prosjekteringsrapporten (Tabell 1).

Figuren under (Figur 2) viser et eksempel på en sjekkliste fra ME/Agder Marine AS. Dette eksempelet gjelder undervannsfyllingen - kontroll av steinfraksjon og slippunkt for steinene fra splittlekter.


Tilsvarende sjekklister er laget for alle andre hovedprosesser i anlegget.

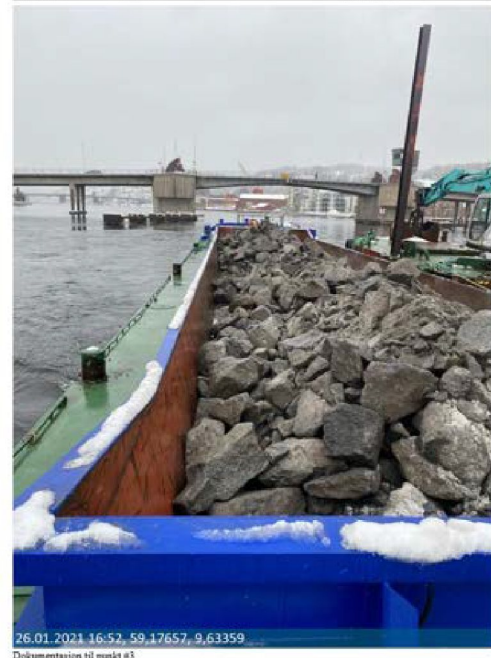
Støttefylling i Elveløp			
Tiltakshaver:	Norges vann- og energidirektorat,	Side:	1 av 2
Ansvarlig utførende:	Morgedal Entreprenør AS	Sist rev.:	22.01.2021
Prosjekt:	Sikringstiltak Skjenselva	Dok.Id.:	030601-047S
Prosjekt nr.:	177	Dato /sign.:	

Kontroll i henhold til	Tegningsnummer
Kontroll utført som	Rutine
Grid/tegningsnummer	Grid 7

Nr	Kontrollpunkter	Godkjent	Ikke aktuelt	Bilde	Kommentar
1	Scanning utført - Rådata/tverrprofil levert		X		
2	Vannføring innenfor gitte grenseverdier	X			
3	Steinfraksjon - visuell kontroll(bilder)/steinprøve (egen rapport)	X		Ja	
4	Slipp punkt av lekter etter geotekniske bestemmelser	X			Grid 7
5	Masser lagt som planlagt, og utenfor sikkerhetsone til Nicanor	X			
6	Lag nr på gitt sted(se kommentar)	X			1

Rapportert av:	
Dato:	Navn:
26.01.2021	Lars Martin Stotholt
Kontrollert av:	
Dato:	Sign.:
27.01-21	Lena Råsin
Godkjent av (signeres kun hvis krav i kontrakt):	
Dato:	Sign.:

Støttefylling i Elveløp			
Tiltakshaver:	Norges vann- og energidirektorat,	Side:	1 av 2
Ansvarlig utførende:	Morgedal Entreprenør AS	Sist rev.:	22.01.2021
Prosjekt:	Sikringstiltak Skjenselva	Dok.Id.:	030601-047S
Prosjekt nr.:	177	Dato /sign.:	



26.01.2021 16:52:59 17657_9.63359
Dokumentasjon til punkt #3

Figur 2 – Eksempel på ferdig utfylt sjekkliste av ME/Agder Marine AS



I figur 3 vises et utklipp fra kontrollplanen til ME.

Kontrollplan sikringsarbeider
Prosjekt Skienselva Bøle del 2

08/12/2020

Post nr.	Tekst	Dokument-referanse	Mengde			Metode	Beskrivelse	Regstringer		Utførende
			Mengde	Enhet	Utført totalt			Krav/Toleranse	Dokumentasjon	
03.21.18	Utlegging av løsmasser i fylling under vann 22/120	901-situasjonsplan, 302-tverrprofil	450	m3	0	Sten blir lastet på lektre på kranlegg. Lektre fraktes med taubåt opp elva til utleggingssted	Støttefylling under vann ved brygge. Tillatt høydeavvik fra prosjektert topp for kote -2.5 til kote -3.0m; +0.0/-0.5m. Høydeavvik under kote -3.0; +0.5/-0.5m. Tillatt sideavvik topp, tilpasset kote -2.5m. Bunn, tilpasses fylling utlagt med lektre. Forsiktig utlegging for å ikke skade peler. For støtte og stabilitet er det ønskelig å la noen bærelselektre stå igjen. Vurdernes å kunne fylte opp noe rundt peler for stabilitet om dette ikke er mulig.	Skoen kommune har stilt krav om at all stein transporteres via Forgrunn/Skienselva og opplasting skal foregå nedfor Kulltangbroen. Utlegging iht. prosjekterte profiler uten avretting for kote - 4.0m og nedover. Mellom kote 2.5m og 4.0m skal fylling avrettes med egnet utstyr. Fyllingen må koordineres med videre lagvis oppfylling av 20/500 med lektre utenfor brygge. Fylling må derfor skje i flere etapper. Området ligger i kvikkleiresone 56 - Bøle, utførelse av tiltak og rekkefølge på arbeidsoperasjoner etter geotekniske bestemmelser.	Skanning, sjekklister, sikteprøver, bilder.	Anleggsleder, UE
03.21.19	Utlegging av løsmasser i fylling under vann 20/500 sprengt stein	901-situasjonsplan, 302-tverrprofiler	14000	m3	0	Fra kote -2.5 til kote -11.0m. Tillatt høydeavvik; -0.5/+0.5m. Tillatt sideavvik er tilpasset elvebunn.	Skoen kommune har stilt krav om at all stein transporteres via Forgrunn/Skienselva og opplasting skal foregå nedfor Kulltangbroen. Utlegging iht. prosjekterte profiler uten avretting for kote - 4.0m og nedover. Mellom kote 2.5m og 4.0m skal fylling avrettes med egnet utstyr. Massene skal som hovedregel legges i striper på lags av ehvelpet. Massene opp til hhv. kt. -5(P0-P190) og kt. -7(P190-P270) må være lagt ut og godkjent av NVE i hele fyllingens lengde før øvre del av fylling kan legges. Gradedt sprengstein CU-5, dokumenteres iht. NS 3468. Lektre skal alltid være posisjonert på fyllingsidene av kraner ved utlegging. Området ligger i kvikkleiresone 56 - Bøle, utførelse av tiltak og rekkefølge på arbeidsoperasjoner etter geotekniske bestemmelser.	Rov. skanning, bilder, sjekklister, visuell kontroll og steinprøver.	UE/Ekater	

Figur 3: Utklipp fra kontrollplanen til ME datert 08.12.2020

Det interne kvalitetssystemet hos ME/Agder Marine AS har tilsynelatende fungert bra og alle interne prosedyrer / sjekklister har generelt blitt ivaretatt i henhold til planen. ME/Agder Marine AS har selv avdekket flere mindre avvik som er håndtert i eget kvalitetsstyringssystem og lukket iht. planen.

NVE har deltatt på alle byggemøter gjennom hele anleggsperioden som har pågått sammenhengende fra høsten 2020 til våren 2021. Byggemøtene har stort sett vært med 14 dagers mellomrom slik at det har vært mulig å følge anleggsarbeidet tett, både som prosjekterende og kontrollerende. Pga. koronapandemien ble møtene stor sett gjennomført på TEAMS for å unngå muligheten for smittespredning. Møtene fungerte bra på denne måten, og pga. at størstedelen av arbeidet ble gjennomført under vann, ble dette vurdert som tilstrekkelig. Hovedfokus på disse møtene har vært oppfølging av entreprenørens kvalitetssystem, kontroll av at forholdene på byggeplassen samsvarer med forutsetningene i prosjekteringen og at rapportering skjer i henhold til beskrivelsene i produksjonsgrunnlaget, herunder den geotekniske rapporten (2).

Oppsummering og konklusjon: De mottatte rutinene for kvalitetssikring (primært sjekklister og kontrollplaner) vurderes som relevante og tilstrekkelige for utførelsen. Sjekklister og kontrollplaner omfatter kontrollmomentene som er beskrevet av prosjekterende. Bruk av rutinene og utført kvalitetssikring vurderes som tilstrekkelig dokumentert.

4.2 Kontroll av tilgjengelig produksjonsunderlag

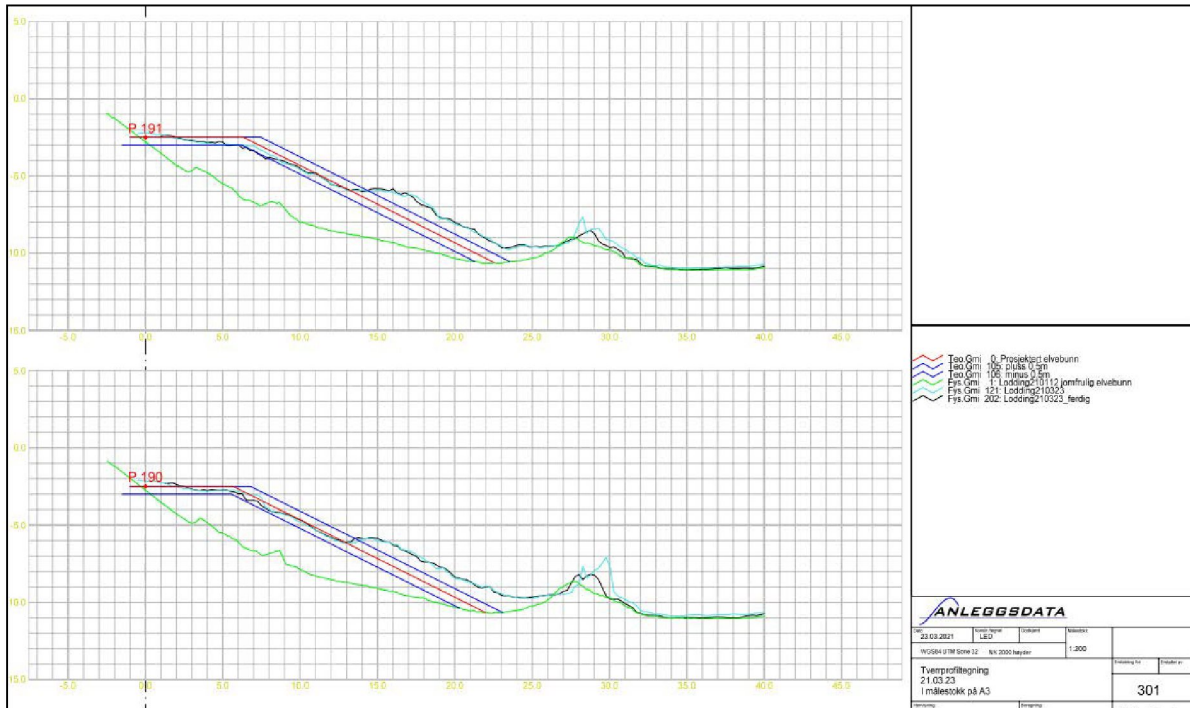
Etter at arbeidstegningen og sfi-modellene av de prosjekterte tiltakene (se tabell 1) var mottatt av ME/AM ble tegningene og sfi-modellene gjennomgått med entreprenørene via et teams-møte. AM hadde engasjert en ekstern entreprenør (Anleggsdata) til å kontrollere og legge inn sfi-modellene i Olex-kart-systemet deres som brukes på taubåten av lekteren. I tillegg ble det lagt inn maskinstyringsfiler av støttefyllingen i gravemaskinen på gravelekteren. På befaringen 18.02.2021 av lekteren ble maskinstyringsfilene sjekket og bruk av disse demonstrert under slipping av steinene. Arbeidstegningen var tilgjengelig både på båten og i gravemaskinen.

Under samme befaring ble prosedyren av ekkoloddskanningen på skanningsbåten sjekket (Figur 4).



Figur 4: Kontroll av temperaturprofil i elva før skanningen og lekter med taubåt (bildene tatt fra skanningsbåten)

I tillegg, brukte AM sfi-modellen av støttefyllingen for å sammenlikne ekkoloddskanningene sine med den prosjekterte fyllingen til intern kvalitetskontroll (Figur 5).



Figur 5: Eksempel fra tverrprofilene laget av Anleggsdata for AM til sammenligning av den prosjekterte fylling med ekkoloddskanningene.

Maskinstyringsfilen som ble brukt i gravemaskinen ved avlastingsområdet ble sjekket under befaring 09.04.2021.

Oppsummering og konklusjon: Produksjonsunderlag som arbeidstegningene og maskinstyringsfiler som var basert på sfi-modellene (Tabell 1) var tilgjengelig på båtene og gravemaskinene. Disse ble hyppig brukt både under utlegging av støttefyllingen og graving på avlastingsområdet. Bruk og omfang av produksjonsunderlaget vurderes derfor som tilstrekkelig for utførelsen.

4.3 Kontroll av rapportering på byggeplassen i henhold til geoteknisk kategori

Krav til rapportering fra byggeplassen er nærmere beskrevet i den geotekniske prosjekteringsrapporten for tiltaket. Rapporteringen er innarbeidet som del av entreprenørens kvalitetssystem, herunder sjekklister og kvalitetsplan. Det vises til dette avsnittet for en nærmere gjennomgang.

Oppsummering og konklusjon: Rapporteringen fra byggeplassen vurderes å være i henhold til kravene for geoteknisk kategori 3.

4.4 Kontroll av forholdene på byggeplassen i forhold til prosjekteringsforutsetningene.

I dette prosjektet er det primært grunnforhold i elvebunnen og avlastningsområdet som har vært i fokus. For avlastningsområdet er det ikke observert avvik fra forutsatte grunnforhold under prosjekteringen. For deler av undervannsfyllingen er det observert avvik i de forutsatte grunnforholdene. Avvikene medførte behov for flere grunnundersøkelser av elvebunnen og noe omprosjektering av fyllingsfoten på deler av tiltaksstrekningen. Dette er nærmere beskrevet i eget kapittel under.



4.5 Stikkprøvekontroll av utførelsen

Utførelseskontrollen er basert på den geotekniske kontrollplanen for utførelse (3) (Tabell 1) som ligger i vedlegg 2.

Fyllingsgeometri

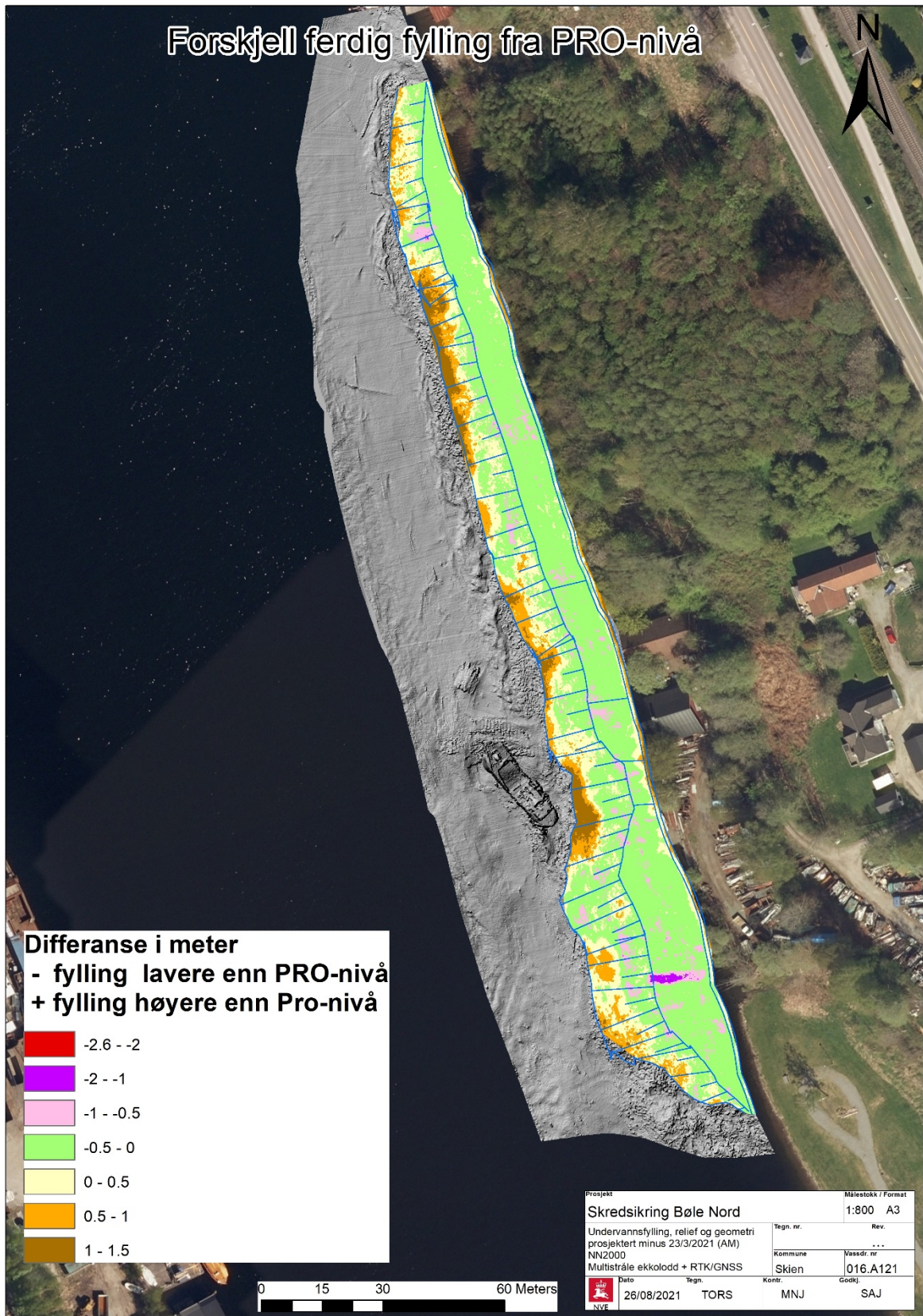
I henhold til kravene i bl.a. Eurokode 0 (UKK3) har NVE jevnlig gjennom hele anleggsperioden fra høsten 2020 til sommeren 2021 gjennomført stikkprøvekontroll av det utførte arbeidet. Kontrollen av undervannsfyllingen har primært vært basert på tilnærmet daglige skanninger med multistråle-ekkolodd med RTK-GNSS og IMU fra Agder Marine AS.

Ekkolodd-dataene er kontrollert mot tilgjengelig produksjonsgrunnlag (tegninger og terrengmodell) og mottatte tverrprofiler produsert av Agder Marine AS som internkontroll. Kontrollmålinger fra det interne kontrollsystemet hos Agder Marine AS ble regelmessig oversendt i samsvar med krav i kontrakten. Figur 6 og 7 viser eksempler på gjennomført kontroll av utført fyllingsoverflate vha sammenligning av produksjonsgrunnlag og data fra multistråleekkolodd mottatt fra Agder Marine.

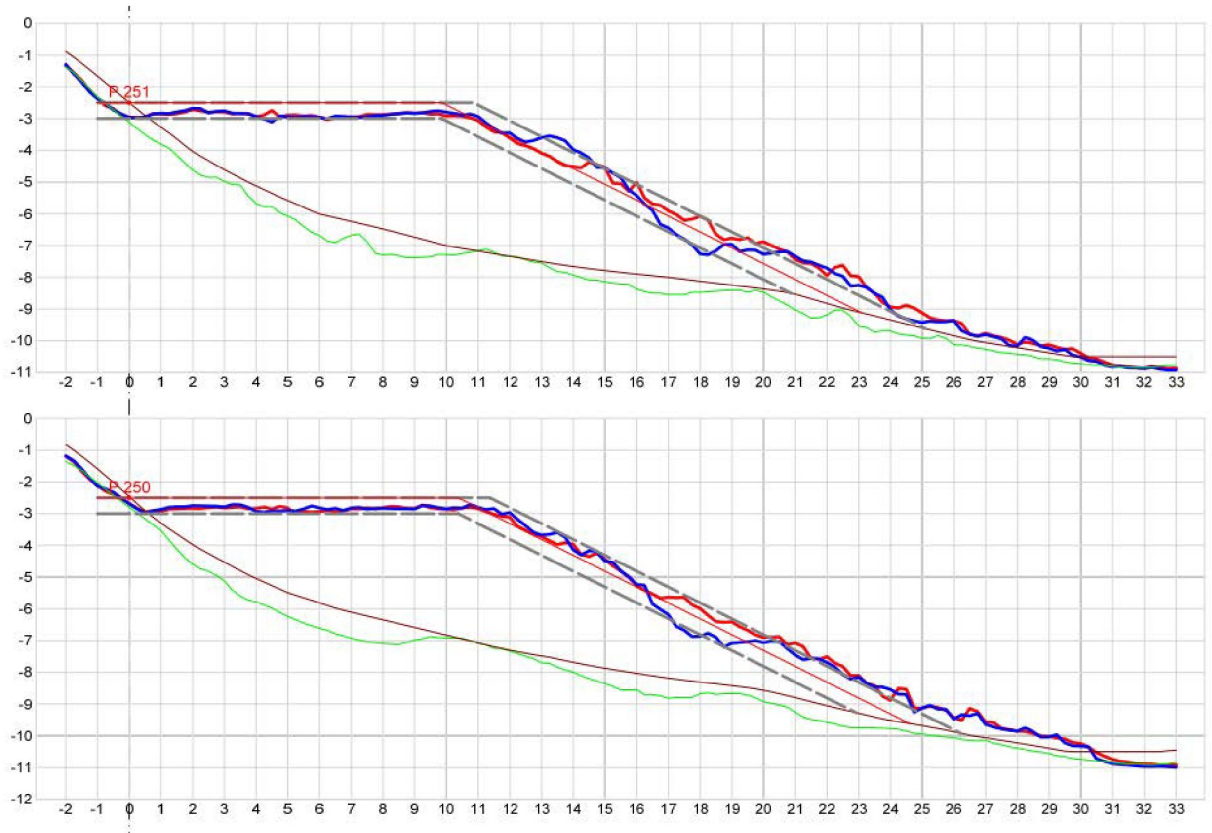
Kontrollene har primært fokusert på geometrisk samsvar med produksjonsgrunnlaget. Pga. omtrent daglige skanninger med multistråle-ekkolodd har det også vært mulig å kontrollere at de geotekniske rekkefølgebestemmelse ble ivaretatt. I tillegg har det blitt tatt bilder og film av Agder Marine AS med undervannsdrone, for visuell kontroll av fyllingen.

Kvaliteten på multistråledataene har blitt kontrollert (stikkprøver) vha. eget enkeltstråle-ekkolodd (GNSS-RTK) fra NVE samt enkelte fysiske målinger. Figur 8 viser eksempel på uavhengig kontroll av måldata vha sammenligning av data fra hhv multistråleekkolodd (AM) og enkeltstråleekkolodd (NVE). Det er ikke påvist vesentlige eller systematiske avvik mellom de to datasettene i forhold til dataenes forventelige nøyaktighet. Enkelt punkt med større avvik kan forklares med ulike målemetodikk og generelt lavere nøyaktighet og kontinuitet for enkeltstråle-dataene.

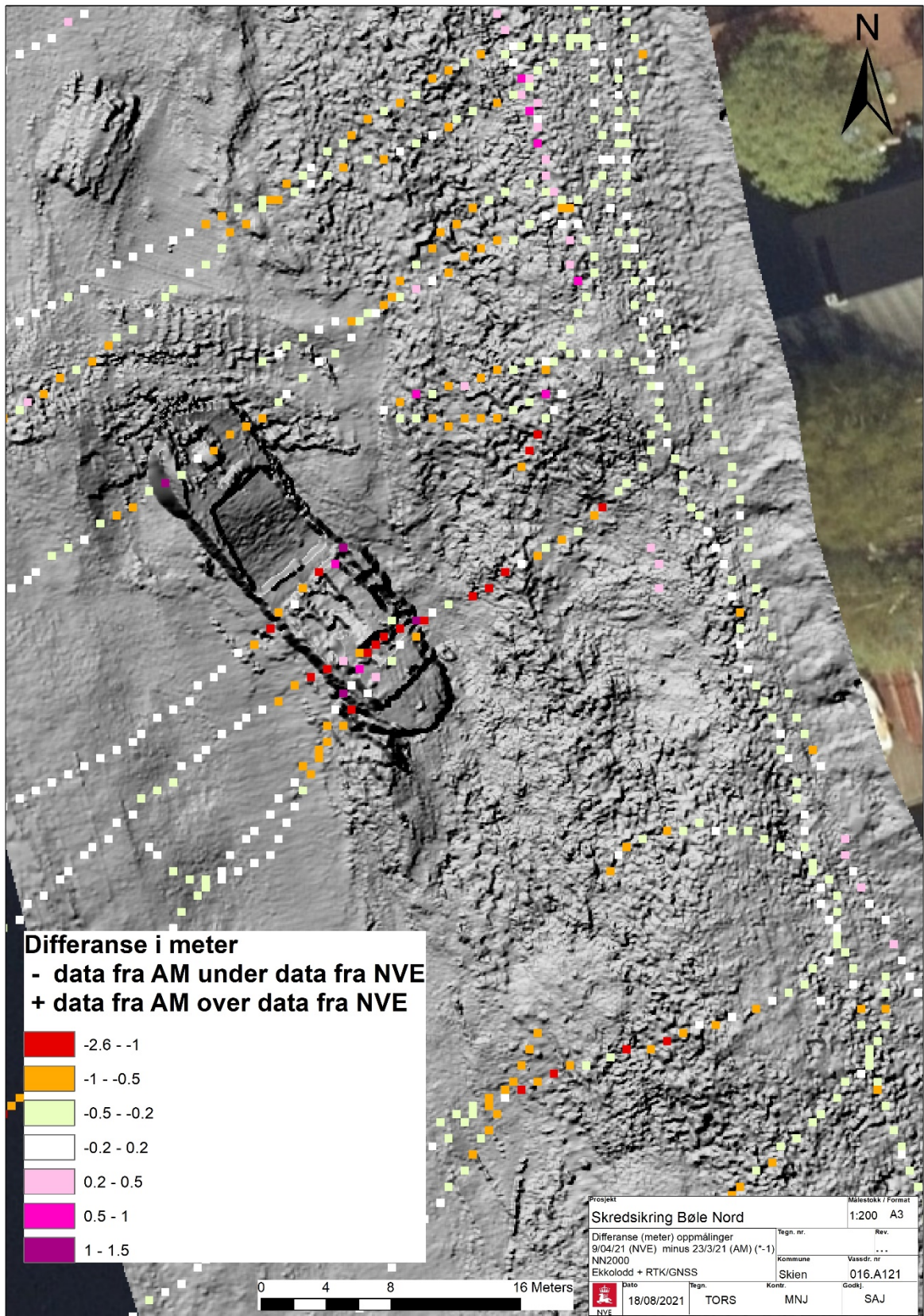
For å se den totale endringen av elvebunnen ble ekkolodd-dataene fra 12.01. 2021 (før fyllingstart) og 23.03.2021 etter ferdigstilling av fyllingen sammenlignet. I figur 9 vises den resulterende kart av denne sammenligning.



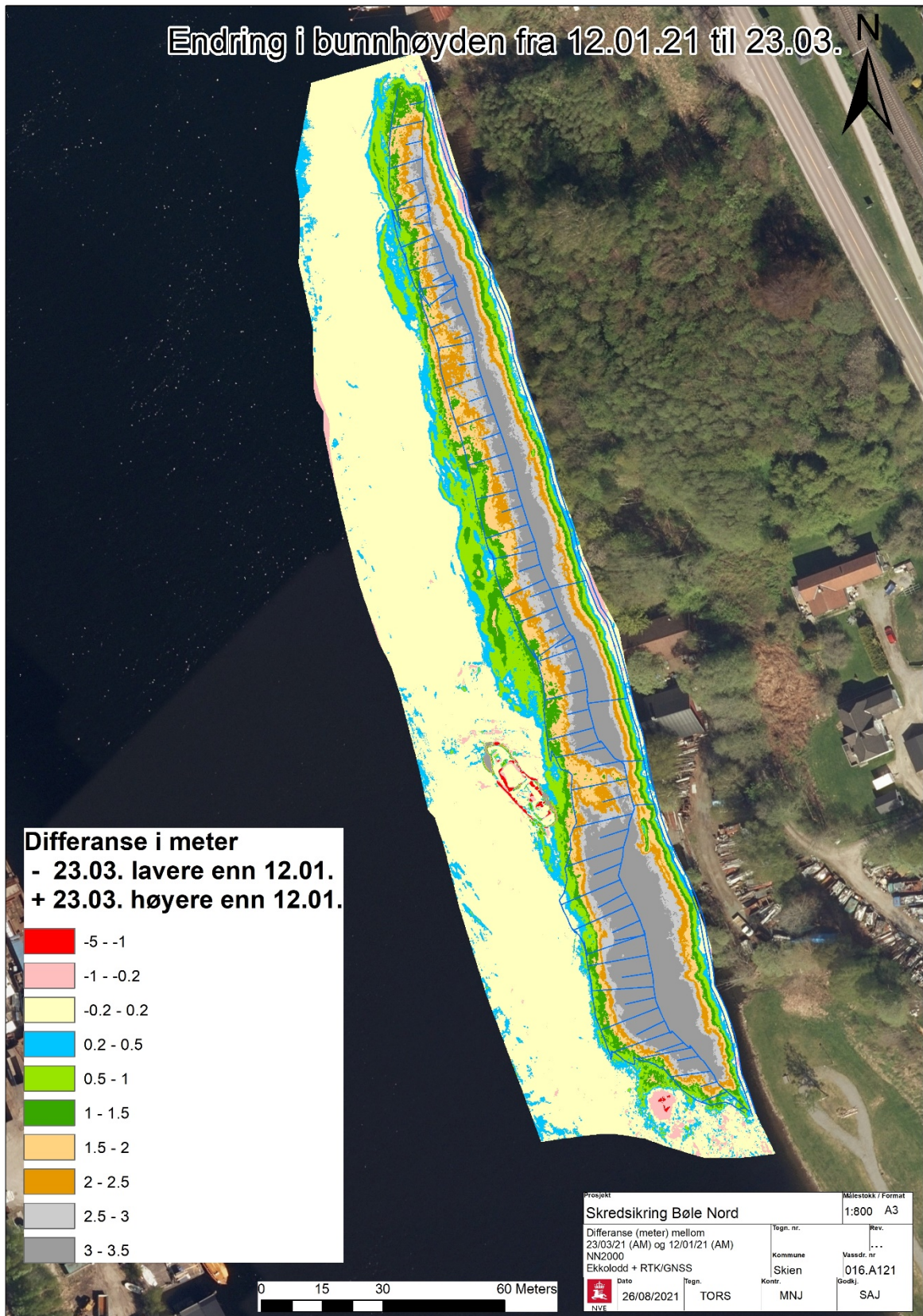
Figur 6: Kart som viser romslig fordeling av avvik mellom den ferdige fyllingen og den prosjekterte fyllingen. Avvikstoleransen på fyllingsplatået var -0.5 m fra prosjektert nivå (grønn). På skråningen var det tillatt ± 0.5 m (grønn og gull)



Figur 7: Eksempel på sammenligning av ekkolodd-data fra Agder Marine AS og produksjonsgrunnlag vha tverrprofiler. Den grønne, blå og tykke røde linjen representerer ekkolodd-data fra ulike dato. Grønn linje viser opprinnelig elvebunn. Den tykke røde linjen er ekkolodd-data fra siste og avsluttende skanning 23.03.2021, dvs ferdig fyllingsoverflate. Den tynne røde linjen viser prosjektert fyllingsoverflate og de to grå, stiplede linjene viser tillatt toleranse (min/maks).



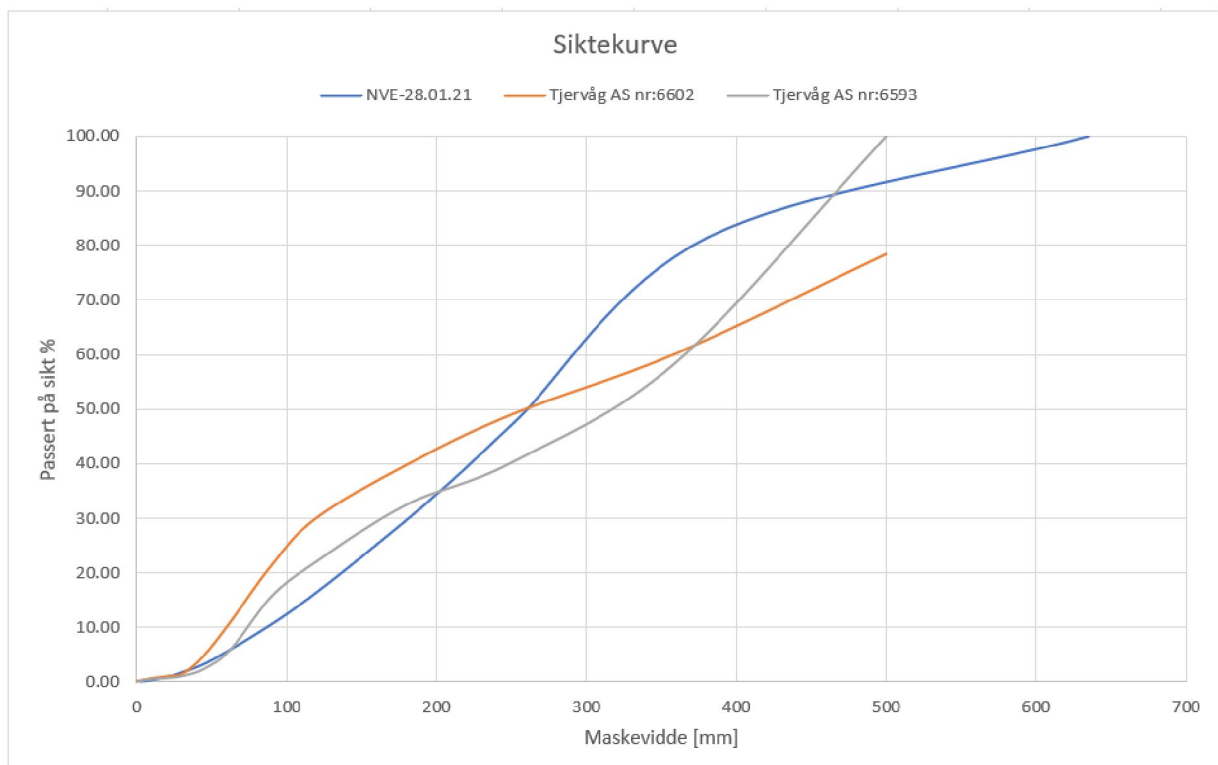
Figur 8: Differanse mellom ekkolodd-data mottatt fra Agder Marine (23.03.2021) og punktmålingene gjennomført av NVE (09.04.2021) med enkeltstråle-ekkolodd. Kart over hele området ligger i vedlegget 3.



Figur 9: Sammenligning av ekkolodddata fra 12.01.2021 (før fyllingstart) og 23.03.2021 (ferdig fylling) som viser høydeforskjell mellom disse to. Intervall mellom -0.2 til 0.2 m er innfor forventet avvik mellom disse to datasett.

Materialenes kvalitet –motfylling

Granite Pukkverk var leverandør av stein til motfyllingen for Morgedal Entreprenør. I prosjekteringen og kontrollplanen er det satt krav til sortering (22-500 mm) og graderingstall ($C_u > 10$) for steinmassene til motfyllingen (som samtidig er erosjonssikring). Entreprenøren har hatt avtale med ing. Vidar Tjervåg (Tjervåg AS) som utførte kontroll av sortering og gradering av steinmassene i henhold til entreprenørens kontrollplan. Som stikkprøvekontroll av disse analysene har NVE anvendt programmet Split-Desktop (digital fotoanalyse) som metode for å dokumentere siktekurve og graderingstall (4). I figur 10 vises et eksempel med to kurver laget av Tjervåg AS og en kontrollkurve laget med Split-Desktop av NVE. Siktekurvene stemte godt overens, vurdert i forhold til forventet avvik.



Figur 10: Siktekurver av steinmassene som ble brukt til undervannsfyllingen. To kurver presenterer entreprenørens egenkontroll (Tjervåg AS) og en kurve fra NVEs uavhengige stikkprøvekontroll (NVE.28.01.21)

Kraven om graderingstall $C_u > 10$ iht prosjektering kunne ikke opprettholdes av entreprenøren. Dette skyldtes at finstoffene (0-22) var siktet ut til å oppnå en sortering av 22-500 mm. Dette ble diskutert (se utklipp av eposten fra 07.08.21, nedover) med Tjervåg AS og begrunnelsen ble godkjent av NVE som ansvarlig prosjekterende. Derfor ble C_u tallet nedjustert til 5.



Utklipp fra epostkorrespondansen fra 07.08.2021:

Fra: Vidar Tjervåg <vidartjervag@hotmail.com>

Sendt: torsdag 7. januar 2021 10:38

Til: Ole Bjørnø Andersen <ole@me-as.no>; Helge A. Byggland <helge@me-as.no>

Emne: Siktekurve 22/500mm

Hei

Vedlagt følger siktekurve på 22/500mm mottatt rett før jul. Siktekurven tilfredsstiller kravene i Tabell 2 i NS3468 for kult med Dmaks målt < 500mm. Kurven viser god fordeling av stein gjennom hele kurven og 50% gjennomgang er på ca. 300mm, og 15,6% gjennomgang på 90mm. Det er lite finstoff, og lite materiale < 11,2mm, som er gunstig når massene skal legges ut i vann.

Cu-tallet er på 5,14. Det beregnes ved å se ved hvilke mm 60% og 10% av steinen passerer. I dette tilfellet 360mm og 70mm. Disse tallene deles på hverandre, og man får Cu-tallet. Kravet i kontrakten er et Cu-tall større enn 10, men jeg er usikker på om dette er hensiktsmessig for fraksjonen 22/500mm. Det hadde vært mer naturlig å velge krav om et så høyt Cu-tall om det hadde vært totalkurve 0/500mm, da høyere finstoffinnhold gjør at 10% gjennomgang kommer på mindre sifter enn i en fraksjon hvor finstoffet er siktet ut.

En velgradert sortering vil normalt ha ca. 50% gjennomgang på siktet som ligger midt i fraksjonen, i dette tilfellet 250mm. Dette vil gi en 60% gjennomgang på rundt 300-360mm. For å få et Cu-tall som er større en 10 da, vil det kreve at minst 10% av fraksjonen er mindre enn 30-36mm. Er 60% gjennomgang på 250mm vil et Cu-tall større enn 10, kreve at minst 10% av fraksjonen er mindre enn 25mm. Jeg antar at det er ønskelig med god fordeling av stein gjennom hele kurven, men Cu-kravet på større enn 10 gir ganske lite spillerom for produsenten, som enten må øke andelen småstein og finstoff < 30mm eller redusere andelen store steiner > 360mm for å tilfredsstille Cu-kravet. Begge deler vil kunne gi et dårligere produkt.

Den utførte siktekurven viser et Cu-tall på 5,14 og fremstår som en velgradert siktekurve med stein gjennom hele fraksjonen fra 22/500mm. Jeg mener det bør diskuteres å endre Cu-kravet til $Cu > 5$ etter Tabell 3 i NS346, da dette vil gi et bedre produkt, siden dette er et produkt hvor 0/22mm er siktet ut.

Hilsen Vidar Tjervåg

Daglig leder, Tjervåg AS

Avlastningsområdet

Avlastningsområdet ble kontrollert med nesten daglige befaringer under anleggsperioden for visuell kontroll av at gravemassene var som forutsatt i prosjekteringen. Avsluttende ble geometriske avvik mellom prosjektet og utført arbeid kontrollert med fysiske, egne kontrollmålinger ved hjelp av RTK-GNSS. Disse målingene samsvarer bra med prosjekteringsgrunnlaget (Figur 11). Noen større, positive avvik langs avlastningskanten er pga. nødvendig tilpasning til eksisterende terreng.



Figur 11: Fysisk stikkprøvekontroll av ferdig avlasting, målt 19.04.2021 sammenlignet med produksjonsgrunnlag. Blå linjer symboliserer prosjektet utstrekning av avlastningsområdet.

Oppsummering og konklusjon: Gjennom hele anleggsperioden har NVE jevnlig gjennomført stikkprøvekontroll av det utførte arbeidene. Det er ikke påvist vesentlige eller systematiske avvik av



utførelse iht. prosjekteringsgrunnlaget.

4.6 Avvikende grunnforhold

Ved den daglige gjennomgangen av data fra multistråle-ekkolodd (i henhold til kontrollplanen) ble det 28.01.2021 konstatert nedsynking av utlagte steinmasser i elvebunnen og noe oppressing av elvebunnen på utsiden av steinfyllingen over en delstrekning (saksnummer: GD19-07749 Avvik). Fastheten av massene på elvebunnen var åpenbart lavere enn forutsatt under prosjekteringen og det ble iverksatt stoppordre for videre fylling. Som oppfølging gjennomførte NVE inspeksjon med ROV (visuell kontroll) og ekkolodd 29.01.2021 og Geostrøm gjennomførte nye grunnundersøkelser fra flåte i fyllingsområdet i perioden 01.02.2021 – 03.2.2021. Resultatene ble umiddelbart vurdert av NGI som ansvarlig prosjekterende for stabilitetsberegningene av tiltaket og sammenfattet i teknisk notat, datert 04.02.2021 (5).

Basert på de nye grunnundersøkelsene samt vurderinger dokumentert i det tekniske notatet fra NGI, ble steinutlegging i prosjektert motfylling gjenopptatt fra mandag 08.02.2021.

For å ivareta utfordringene i forbindelse med topplaget med påvist lav fasthet i elvebunnen ble videre anleggsarbeid gjennomført i henhold til følgende plan (6):

1. Et nytt, sammenhengende lag av stein ble lagt ut over de allerede utlagte steinmassene, ytterst i fyllingsområdet på strekningen P0-P150.
2. Ny multistråle-skanning av det aktuelle området ble foretatt når utleggingen av disse massene var ferdig. Ved sammenligning med tidligere bunndata ble det ikke avdekket ytterligere bevegelser i elvebunnen eller steinmassene.
3. Det ble lagt ut et ekstra steinlag i en stripe på utsiden av prosjektert fyllingsfot på strekningen P0-P150.
4. Videre utlegging av stein i motfyllingen ble utført som prosjektert og beskrevet i eksisterende fyllingsplan/kontrollplan. Planen ble justert slik at det minst var ett døgn mellom utlegging av hvert lag på samme sted, slik at mulige endringer i elvebunn og steinfylling kunne dokumenteres vha de daglige skanninger.

Det var spesielt fokus på hvordan elvebunnen responderte på utlegging av ytterligere steinmasser. De daglige kontrollene viste at det ikke hadde forekommet ytterligere bevegelser eller setninger i elvebunn og steinmasser i løpet av uka etter, med fortsatt steinutlegging i henhold til planen. Dette ble tolket som et tegn på at steinmassene nå ligger på de fastere massene under elvebunnen, som er påvist i de gjennomførte grunnundersøkelsene (5). Avvik ble derfor lukket.



5. Oppsummering og konklusjon

Ved avslutning av kontrollarbeidet gjenstår det ingen åpne, kvalitetsrelaterte avvik. Entreprenørens eget kvalitetsstyringssystem har selv fanget opp de vesentligste avvikene gjennom anleggsperioden. De registrerte avvikene har blitt behandlet og lukket i henhold til planen.

De uavhengig målte stikkprøvekontrollene har ikke påvist noen vesentlige eller systematiske avvik med entreprenørens egne kontrollmålinger.

Utenom det nevnte avviket mht fastheten for deler av elvebunnen, ble det ikke registrert vesentlige avvik av grunnforhold i forhold til forutsetningene under prosjekteringen.

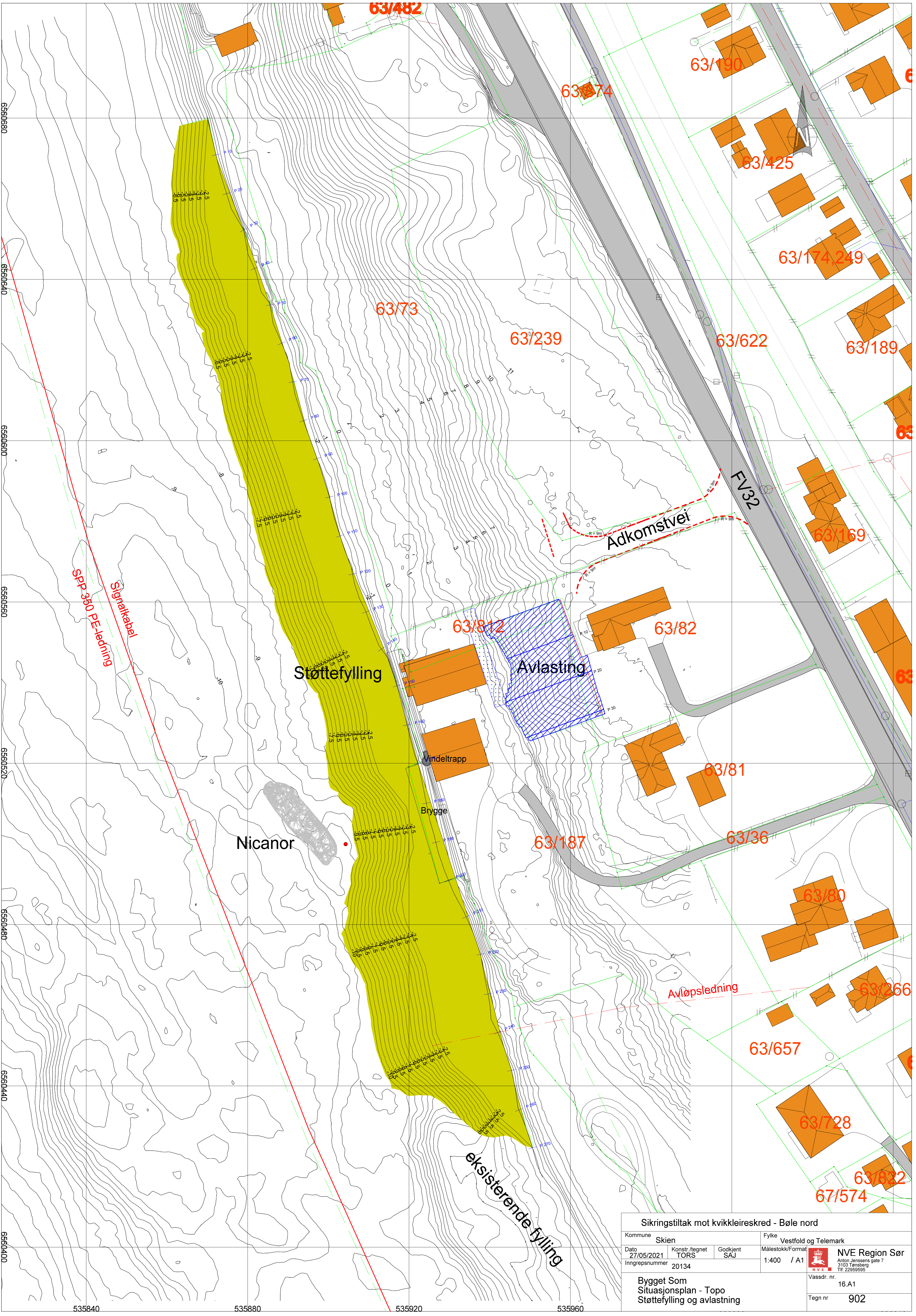


Referanser:

1. NVE (2020): Geotekniske bestemmelser for anleggsgjennomføringen (Dokumentnr: 201802078-153)
2. NVE (2020): Geoteknisk rapport -Prosjekteringsforutsetninger og oppsummering (Dokumentnr.: 201802078-153)
3. NVE (2020): Geoteknisk kontrollplan (Dokumentnr.: 201802078-153)
4. NVE (2021): Befaringsreferat Granite Pukk 20210129 (Dokumentnr.: 202006357-11)
5. NGI (2021): Tekniske notat Vurdering av lokal stabilitet ved etablering av støttefyllingen i Skienselva (Dokumentnr.: 20190401-02-TN)
6. NVE (2021): Internt notat: Plan for gjennomføring av videre anleggsarbeid på 20134 – Bøle Nord.

Vedlegg:

Vedlegg 1: Arbeidstegning 902



Sikringstiltak mot kvikkleireskred - Bøle nord			
Kommune	Skien	Fylke	Vestfold og Telemark
Dato	27/05/2021	Konstr./tegnet	TORS
Inngrepsnummer	20134	Godkjent	SAJ
Målestokk/Format	1:400 / A1	 NVE Region Sør Anton Jenssens gate 7 3103 Tønsberg Tlf: 22855595	
Bygget Som	Situasjonsplan - Topo		
Situasjonsplan - Topo	Støttefylling og avlastning		
Vassdr. nr.	16.A1		
Tegn nr.	902		

6560680
6560640
6560600
6560560
6560520
6560480
6560440
6560400

535840 535880 535920 535960



Vedlegg 2: Geoteknisk kontrollplan for oppfølging under utførelse

 Norges vassdrags- og energidirektorat NVE	Utarbeidet av: MNJ	Utgave: 1
	Geoteknisk kontrollplan	Godkjent av:
	Oppfølging under utførelse	

Prosjektnummer / Tiltaksnavn: 20134 – Bøle Del 2

Saksnr (P360): 201802078

Kommune: Skien

Tiltakshaver	Skien kommune
Ansvarlig søker	NVE
Ansvarlig prosjekterende (PRO geoteknikk)	NGI / NVE
Ansvarlig uavhengig kontroll, prosjektering	GrunnTeknikk
Ansvarlig uavhengig kontroll, utførelse	NVE

Kontrollpunkt	Omfang	Metode	Grunnlag
1. Anleggsoppstart			
Oppstartsmøte og befaring	1. Felles gjennomgang av tiltaket med prosjekterende, entreprenør (anleggsleder, maskinførere, lektorfolk mv), byggeleder. Risikoanalyse diskuteres og entreprenørens HMS-plan oppdateres med bl.a. evt nye SJA.	Felles gjennomgang og diskusjon	- SHA-plan - Risikoanalyse - Geoteknisk notat og bestemmelser
2. Anleggsdrift			
A. Støttefylling	1. Graving i eksisterende masser skal ikke forekomme. Ved opptak av båtvrak og andre objekter på elvebunnen må graving unngås. 2. Evt behov for mindre deponering av masser ved utlegging på lav vanndybde må avklares med NVE	Posisjonering yha GNSS og multistråleekkolodd	Byggetegning og maskinstyringsfiler
B. Avlastning	1. Graving utover prosjektert omfang skal generelt ikke forekomme. Ved behov må avklares med NVE. 2. Avlastningsmasser må lastes opp og kjøres ut umiddelbart. Deponering og mellomagring av masser i området skal generelt ikke forekomme. Inntil ett lastebillass kan mellomlagres ved behov på området. Ved ytterligere behov må avklares med NVE 3. Entreprenør skal visuelt kontrollere området for sprekker og setninger før oppstart av dagens arbeid. Aktuelle områder utpekes ved oppstartsbefaring. Evt funn rapporteres umiddelbart til NVE	Posisjonering yha GNSS	Byggetegning og maskinstyringsfiler
3. Anleggsveier			
A. Støttefylling	1. All massetransport skal foregå på elva og derfor ikke behov for anleggsvei	Ikke relevant	Ikke relevant
B. Avlastning	1. Utføres med generelt minst mulig terrenginngrep. 2. Skal ikke øke belastning på skråningene. Må avklares med PRO.	Ikke relevant	Byggetegning

4. Terrenggeometri			
A. Støttefylling	1. Minst daglig kontroll og dokumentasjon av: Skråningsvinkel, yttergrenser og lagtykkelser 2. Fyllingsrekkefølge overholdes.	- Kontroll <u>vha</u> maskinstyring, GNSS og ekkolodd	Byggetegning og maskinstyringsfiler
B. Avlastning	1. Minst daglig kontroll og dokumentasjon av: Gravedybder, yttergrenser og skråningsvinkel	- Kontroll <u>vha</u> maskinstyring og GNSS	Byggetegning og maskinstyringsfiler
5. Materialer			
A. Støttefylling	1. Kontroll av steinfraksjoner og – gradering.	- Visuell kontroll/måling på leker eller opplastningsområde før utlegging. - Fotoanalyse <u>ih</u> NS3468 - Fotodokumentasjon utlagte masser <u>vha</u> dykker / ROV - Dokumentasjon fra steinleverandør	- Anbudsbeskrivelsen
B. Avlastning	1. Kontroll at gravemasser er som forutsatt. 2. Ikke grave i bløte masser / <u>kvikkleire</u> . NVE skal umiddelbart varsles dersom det avdekkes bløte masser/ <u>kvikkleire</u> .	- Visuell kontroll ved graving	- Geoteknisk notat
6. Rekkefølge			
A. Støttefylling	1. Masser i støttefyllingen legges fra fyllingsfot (dypeste punkt) og oppover / innover mot elvekanten. 2. Fylling opp til <u>kt</u> -5 (P0-P190) og <u>kt</u> -7 (P190-P270) må være lagt ut og godkjent før øvre del av fylling kan starte. 3. Massene fra hvert lekerlass må plasseres <u>ih</u> prosjektert terreng før neste lekerlass.	- Visuell kontroll av leker - Kontroll <u>vha</u> maskinstyring, GNS og ekkolodd	Geoteknisk notat og bestemmelser
B. Avlastning	Ikke relevant	Ikke relevant	Ikke relevant
7. Uforutsette hendelser			
Flom i Skienselva	Rapportering til NVE. Sikre utstyr og hindre erosjon i usikret fylling. <u>Ev</u> restriksjon for ferdsel på vassdraget.	Vann- og værprognoser Sanntidsmålestasjoner	Gjeldende lov og forskrifter

Kommentarer

Ovenstående punkter må innarbeides som del av entreprenørens eget kvalitetsstyringssystem / kontrollplan for oppdraget. Tilsvarende innarbeides dette i kontrollrutine/sjekkliste for uavhengig kontroll av utførelsen. Omfang og metode for rapportering og dokumentasjon avtales på oppstartsmøte. Det bør brukes et sanntidssystem, basert på mobil løsning og med nett-tilgang

Egenkontroll (EK) utført av:			Sidemannskontroll (SK) utført av:		
Initialer	Dato	Sign.	Initialer	Dato	Sign.
MNJ	15.10.2020	<i>Marta Jensen</i>	EIT	02.11.2020	<i>E. Traa</i>



Vedlegg 3: Differanse mellom ekkolodd-data mottatt fra Agder Marine (23.03.2021) og punktmålingene gjennomført av NVE (09.04.2021) med enkeltstråle-ekkolodd. Kart over hele fyllingsområdet.



Differanse i meter
- data fra AM under data fra NVE
+ data fra AM over data fra NVE

	-2.6 - -1
	-1 - -0.5
	-0.5 - -0.2
	-0.2 - 0.2
	0.2 - 0.5
	0.5 - 1
	1 - 1.5



Prosjekt		Målestokk / Format		
Skredsikring Bøle Nord		1:800 A3		
Differanse (meter) oppmålinger 9/04/21 (NVE) minus 23/3/21 (AM) (*-1) NN2000 Ekkolodd + RTK/GNSS		Tegn. nr.	Rev.	
			...	
		Kommune	Vassdr. nr	
		Skien	016.A121	
	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	18/08/2021	TORS	MNJ	SAJ

Til: NVE Sør
v/ Martin Jespersen
Kopi til: Svein Arne Jerstad
Dato: 2021-02-04
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20190401-02-TN
Prosjekt: Stabilitetsanalyser av sone 56 Bøle i Skien kommune
Prosjektleder: Bjørn Kalsnes
Utarbeidet av: Bjørn Kalsnes, Vittoria Capobianco
Kontrollert av: Håkon Heyerdahl

Vurdering av lokal stabilitet ved etablering av støttefyllinger i Skienselva

Innhold

1	Innledning	2
2	Ansvarsforhold	2
3	Grunnforhold	3
	3.1 Oversikt over boringer	3
	3.2 Funn av kvikkleire/sprøbruddmateriale	4
4	Problemstilling	5
5	Geotekniske vurderinger	8
	5.1 Funn av kvikkleire/sprøbruddmateriale på land	8
	5.2 Grunnforhold i elva	9
	5.3 Geoteknisk vurdering mht lokal ustabilitet i elva ved utfylling av steinmasser	10
6	Forslag til arbeidsprosedyre for utlegging av stein	12
7	Referanser	13

Vedlegg

Vedlegg A Dreietrykksondering - 2021
Vedlegg B CPT sondering – 2021

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NVE har i januar 2021 startet arbeidet med utlegging av støttefylling i Skienselva ved Bøle for å bedre stabiliteten i den nordre delen av det som er definert som kvikkleire faresone 56 Bøle i Skien kommune. På grunn av utglidninger i toppmassene under utleggingen av den første remsa med mektighet i underkant av 1 m tykkelse, ble arbeidet stoppet av frykt for at disse utglidningene kunne initiere større utglidninger på land, der det er gjort funn av sprøbruddmateriale. Det ble deretter iverksatt nye boringer fra flåte i Skienselva. Boringene er utført av GeoStrøm AS. NGI har bidratt med forslag til borplan for disse supplerende boringer.

NGI ved Bjørn Kalsnes ble torsdag 28. januar kontaktet av Martin Jespersen for å bistå NVE i planleggingen av det videre arbeidet, med formål å sørge for at videre utlegging av masser gjøres på en måte som ikke medfører fare for destabilisering av området på land. Det er noen få boliger i den søndre delen av det området hvor masser nå legges ut, mens det er en god del boliger sør i faresonen 56 Bøle (sør for området hvor det nå lages støttefyllinger).

Dette notatet oppsummerer NGIs vurderinger av grunnforhold i og ved elva der utfyllingen skal foretas, NGIs vurdering av faremomenter ved utfylling av masser for det skisserte sikringstiltaket, samt forslag til prosedyre for hvordan utfyllingen skal foretas for å sørge for stabilitetsmessige sikre forhold på land og i sjø (det anses at lokal ustabilitet i bløte toppmasser ved utleggingen må kunne aksepteres).

2 Ansvarsforhold

NGI har ansvar for stabilitetsberegningene, inkludert forslag til stabiliserende tiltak som inkluderer støttefyllinger i sjø samt noe senking av terreng i ett område på land. Dette innebærer beregninger av både områdestabilitet, lokal stabilitet, samt bæreevne av støttefyllinger i endelig tilstand (bæreevne er ikke del av opprinnelig rapport fra 2020 (NGI, 2020), men rapportert kun på e-post sommeren 2020).

NVE har ansvar for detaljert prosjektering. Etter NGIs oppfatning dekker dette ansvar for prosjektering av støttefyllingen under selve utleggingen, derunder sørge for at tilstrekkelig datagrunnlag innhentes for at detaljprosjekteringen kan gjennomføres på en best mulig måte, utarbeidelse av kontrollplan for gjennomføring av tiltaket mv. NGI er ikke kjent med hvordan detaljprosjekteringen er gjennomført.

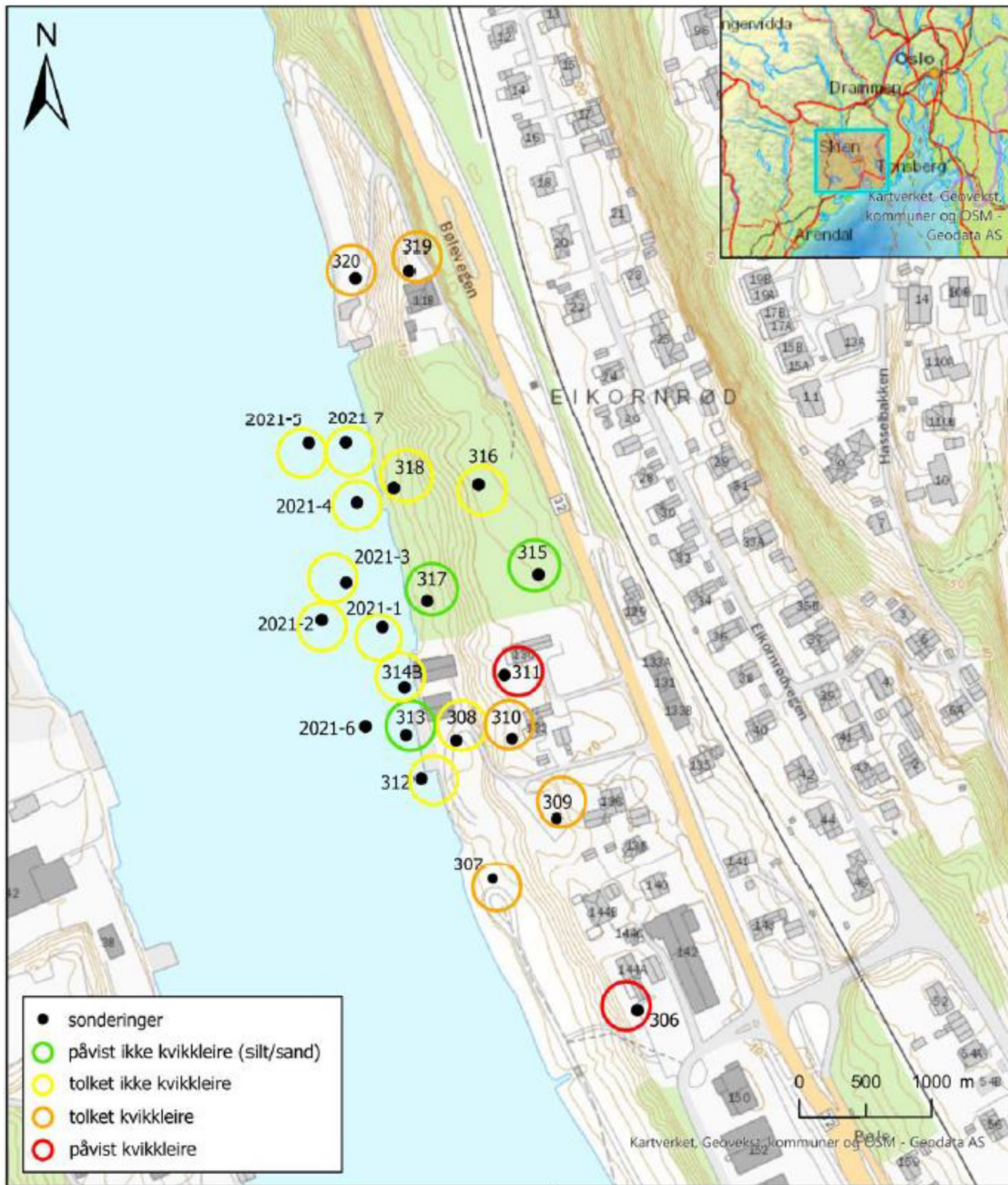
3 Grunnforhold

3.1 Oversikt over boringer

Det er foretatt boringer ved ulike tidspunkt i arbeidet med prosjekteringen av stabiliserende tiltak for å bedre områdestabiliteten i Bøle faresone. Boringene er utført av GeoStrøm AS og NGI. En oversikt over utførte boringer for det aktuelle området er gitt i Tabell 1, se også Figur 1. I alt 10 boringer er utført fra flåte i elva og 12 boringer på land. Det er også utført en del boringer sør for det aktuelle området som ikke inngår i denne rapporten.

Tabell 1 Oversikt over utførte boringer

Borhull	Utført av	År	Type	Kommentar
306	NGI	2008, 2014	DrT, CPT, prøver	
307	NGI	2008	DrT	
308	NGI	2008, 2014	DrT, CPT	
309	NGI	2008	DrT, CPT	
310	NGI	2008	DrT	
311	NGI	2014	DrT, CPT, prøver	
312	GeoStrøm	2014	DrT	Fra flåte
313	GeoStrøm	2014	DrT, CPT, prøver	Fra flåte
314	GeoStrøm	2014	DrT	Fra flåte
315	GeoStrøm	2019	DrT, prøver	
316	GeoStrøm	2019	DrT	
317	GeoStrøm	2019	DrT, prøver	
318	GeoStrøm	2019	DrT	
319	GeoStrøm	2019	Total	
320	GeoStrøm	2019	Total	
2021-1	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte
2021-2	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte
2021-3	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte
2021-4	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte
2021-5	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte
2021-6	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte
2021-7	GeoStrøm	2021	DrT, CPT	Fra flåte



Figur 1 Utførte borer, med indikasjon på eventuelt sprøbruddmateriale (obs; lengdeskala feil)

3.2 Funn av kvikkleire/sprøbruddmateriale

NGIs vurderinger av områdestabilitet er gjort med referanse til NVE kvikkleireveileder (NVE, 2014). I henhold til denne veilederen skal leire med omrørt udrenert skjærfasthet < 2.0 kPa (såkalt sprøbruddmateriale) vurderes på lik linje med kvikkleire (med omrørt udrenert skjærfasthet < 0.5 kPa). I desember 2020 ble det utgitt en ny revisjon av denne

veilederen (NVE, 2020). I den nye versjonen av veilederen er effekt av sprøbruddmateriale noe endret ved at det skilles mellom materiale som har omrørt udrenert skjærfasthet hhv. over og under 1 kPa. Fare for retrogressive skred er iht. den reviderte veilederen relevant bare for områder der det er funn av kvikkleire med omrørt udrenert skjærfasthet under 1 kPa. For områder med omrørt udrenert skjærfasthet mellom 1 og 2 kPa, er faren i første rekke knyttet til rotasjonsskred eller flakskred, skred som normalt har mindre utbredelse enn retrogressive skred. I veilederen angis således maksimal utbredelse av et rotasjonsskred til å være 5 ganger skråningshøyden, mot utbredelse 15 ganger skråningshøyden der retrogressive skred anses å kunne inntreffe.

Figur 1 viser en oversikt over boringer som er foretatt i det aktuelle området (nord i kvikkleiresone 56 Bøle). I figuren er boringene angitt med fargekoder for å synliggjøre hvilke funn som er gjort. De viktigste punktene i så måte er de som er farget rødt, som viser boringer hvor funn av kvikkleire/sprøbruddmateriale er bekreftet fra prøver analysert i laboratorium. I tillegg viser punkter farget oransje hvor det er tolket kvikk/sprøbruddmateriale fra sonderinger, punkter farget gule hvor det ikke er tolket kvikkleire eller sprøbruddmateriale fra sonderinger, og punkter som er grønne, hvor prøver bekrefter at det ikke er kvikk/sprøbruddmateriale.

4 Problemstilling

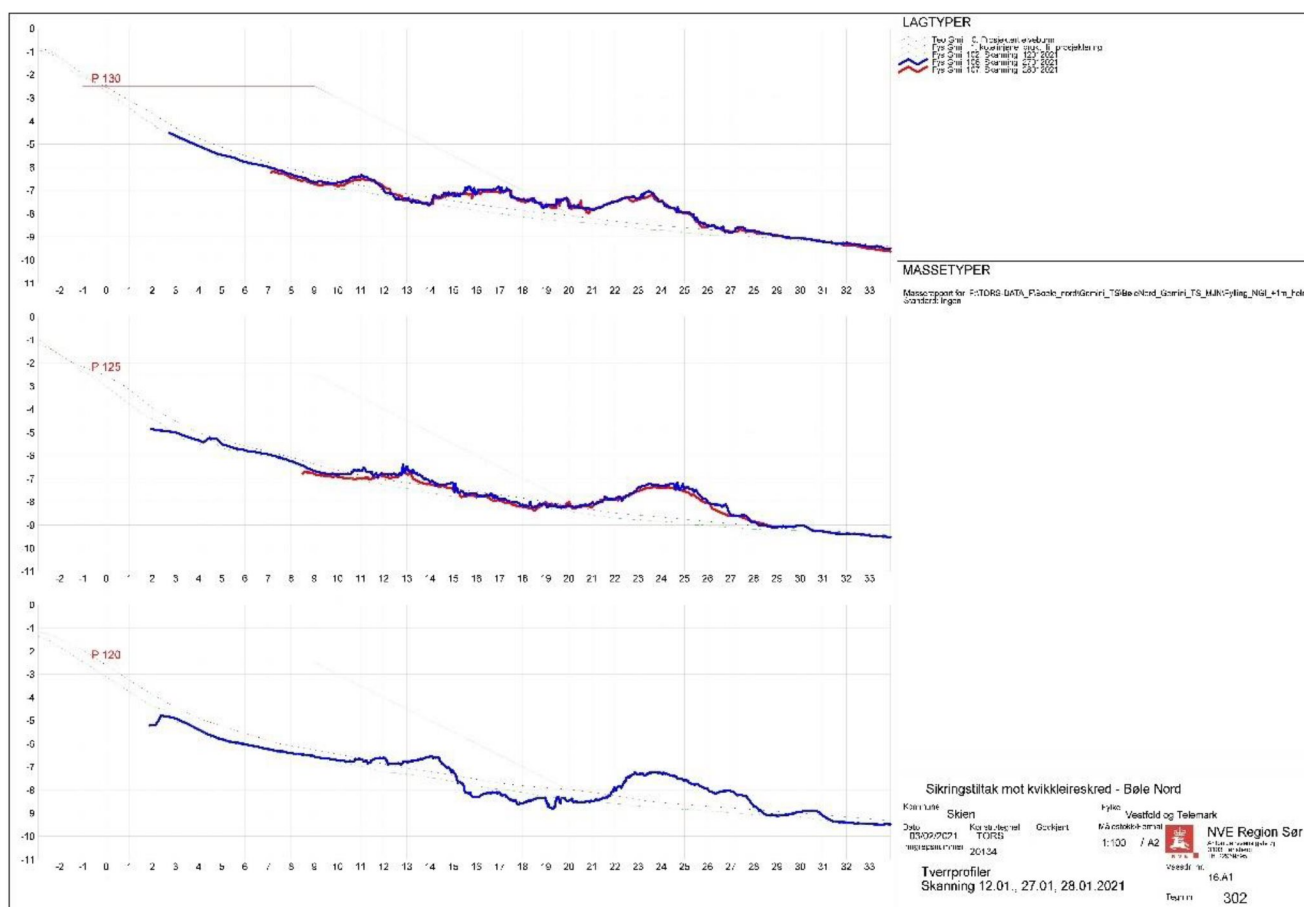
Under utlegging av den første remsa av stein for støttefyllingen i januar 2021 skjedde det varierende grad av grunnbrudd lokalt. Stein ble lagt ut med lagtykkelse på i underkant av 1 m, og med bredde på ca. 10 m. I etterkant av utleggingen er deformasjonene dokumentert ved scanning, og opptegnet langs hele strekningen med tverrprofiler med 5 meters innbyrdes avstand, se Figur 2. Figur 3 og Figur 4 viser profiler 105 til 130 (noen ti-metre nord for Nicanor-vraket) hvor deformasjonene synes å være størst.

Profilene vist i figurene under tyder på at utleggingen har ført til lokale rotasjonsbrudd, i og med at steinmassene har blitt liggende i noenlunde samme posisjon sett i planet, mens grunnen er blitt presset opp på utsiden. For de verste profilene kan det tyde på at det har vært opp mot 1.5 m bunnoppressing. Det er uklart hvor mye steinmassene har sunket ned i grunnen (uklart hvor tykke lag som opprinnelig ble lagt ut), men det kan tyde på at steinmassene har sunket tilsvarende dybde ned i grunnen som grunnen har hevet seg på utsiden (ren rotasjon), forutsatt at massene ikke har endret volum vesentlig.

Utfordringen ligger derfor å etablere et steinlag som ligger sikkert på grunnen under oppbygging av støttefyllingen. Forslag til videre prosedyrer er basert på geotekniske vurderinger som beskrevet i kap. 5.



Figur 2 Plantegning med angivelse av profiler (profil 0 helt i nord, profil 270 helt i sør)



Figur 4 Tverrprofiler 120, 125 og 130

5 Geotekniske vurderinger

Det følgende angir noen geotekniske vurderinger som er ansett til å være avgjørende for den videre utfyllingen.

5.1 Funn av kvikkleire/sprøbruddmateriale på land

Som vist i Figur 1 er det funnet kvikkleire/sprøbruddmateriale i prøver fra flere borpunkter på land. I borpunkt 306 er det målt omrørt udrenert skjærfasthet på 0.8 kPa (1 måling) og mellom 1.0 og 1.6 kPa (4 målinger) i dybder mellom 3.5 og 11m. I borpunkt 311 er det målt omrørt udrenert skjærfasthet på 0.7 kPa (1 måling) og mellom 1.6 og 2.3 kPa (5 målinger) mellom 6 og 9 m. For begge lokasjoners vedkommende er prøver tatt i de dybder der sonderinger antyder mulig tilstedeværelse av kvikkleire, hvilket altså er bekreftet fra styrkemålinger på prøver.

Litt lenger nord for borpunktene 306 og 311 har GeoStrøm AS utført laboratorieforsøk på prøver fra borpunktene 315 og 317. Disse viser veldig lav omrørt udrenert skjærfasthet. På den annen side viser beskrivelser og kornfordeling at det for begge boringer er snakk om finsand/silt, og ikke leirige masser. Vi anser således målingene av omrørt udrenert skjærfasthet til å være misledende mht. funn av kvikkleire.

Det konkluderes derfor med at det er funn av sprøbruddmateriale, men ikke kvikkleire, i deler av sonen. Med bakgrunn i den reviderte kvikkleireveilederen fra 2020 (NVE, 2020), anses derfor faren for store retrogressive skred å være minimal i området. Eventuelle skred vil i tilfelle forventes å utvikle seg som rotasjonsskred, som vil ha langt mindre utbredelse enn retrogressive skred (iht NVE, 2020).

5.2 Grunnforhold i elva

GeoStrøm AS gjennomførte tre dreietrykksonderinger i elva i 2014 (borpunktene 312-314). Det ble også utført CPT og prøvetaking i én lokasjon (borpunkt 313). I de nye boringene utført i 2021 av GeoStrøm er det utført dreietrykksonderinger og CPT (borpunktene 2021-1 til 2021-7). Figur 1 viser beliggenhet av borpunkter.

Vedlegg A viser resultater av dreietrykksonderingene, mens vedlegg B viser resultater av de utførte CPT'ene. Tabell 2 angir tolkninger av disse sonderingene mht materialtyper og mulig tilstedeværelse av kvikkleire.

Tabell 2 Boringer utført i elva

Boring	Tykkelse av veldig løst materiale (m)	Boret dybde DrT/CPT (m)	Beskrivelse av materiale (under det løse topplaget)	Mulig sprøbruddmateriale?
2021-1	0.2	15/9	Lagdelt silt/sand og siltig leire	Lite trolig, i tilfelle tynne lag.
2021-2	0.7	14/8	Silt/sand med tynne lag av leire	Nei
2021-3	1.5	8/8	Silt/sand med tynne lag av leire	Nei
2021-4	0	7/7	Silt/sand med tynne lag av leire	Lite trolig, i tilfelle tynne lag.
2021-5	1.1	-/9	Lagdelt silt/sand og siltig leire	Nei
2021-6	0	16/1	Lagdelt silt/sand og siltig leire	Nei

2021-7	0.7	9/7	Silt/sand med tynne lag av leire	Lite trolig, i tilfelle tynne lag.
312	0	12/-	Silt/sand	Nei
313	1.2	12/7	Silt/sand	Nei
314	1.0	12/-	Silt/sand	Nei

Ut fra dette konkluderes følgende:

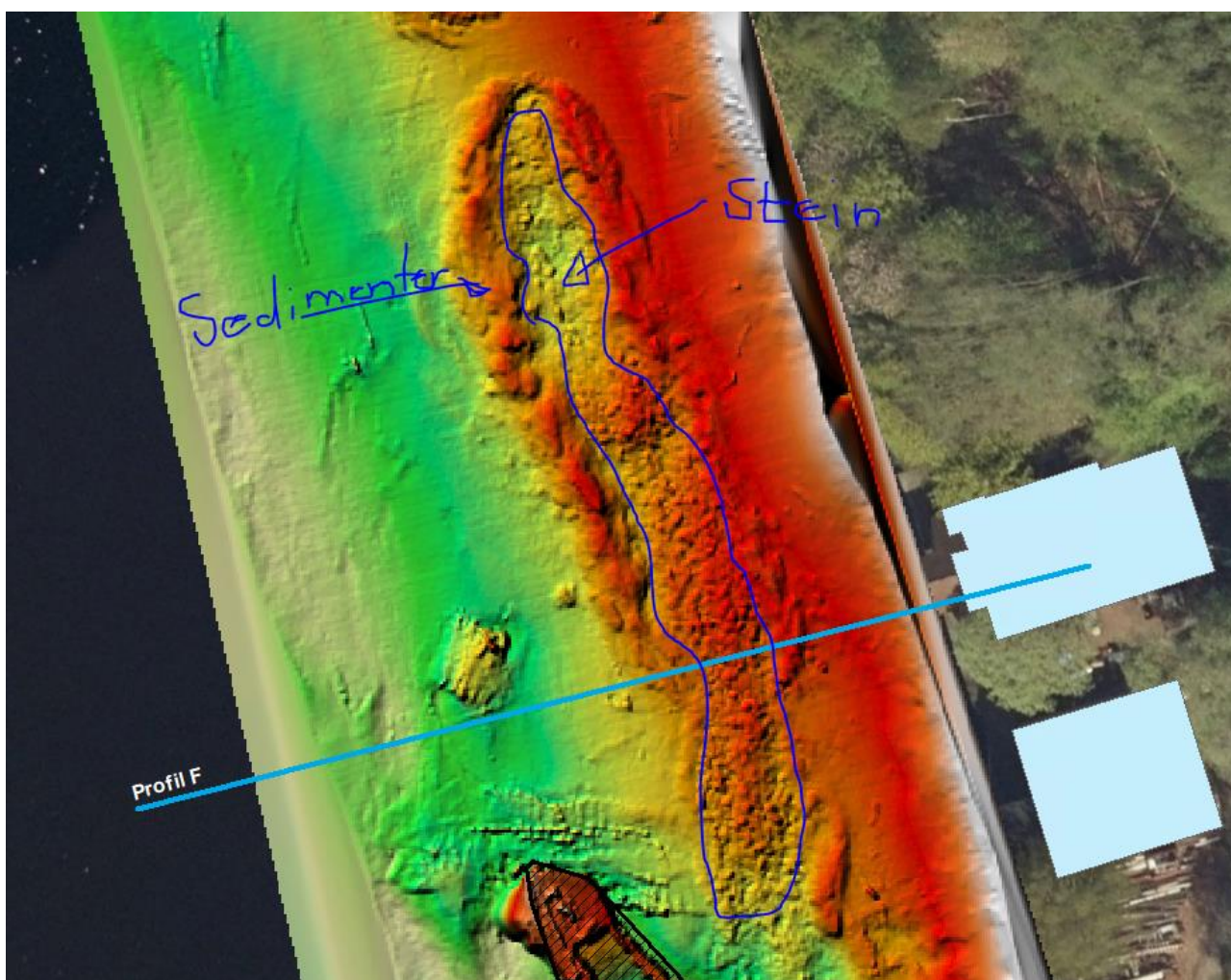
- Grunnen i elva antas å bestå av siltige, sandige masser, med enkelte innslag av leire mot dybden. Disse leirlagene er sannsynligvis sensitive, men det er usikkert om de er kvikke eller sprøbruddmateriale. Det er uansett intet som tyder på massive lag av kvikkleire i elva.
- Det er varierende mektighet av veldig bløte toppmasser, vurdert til å variere mellom 0 og 1.5 m tykkelse. Det synes som tykkelsen av det bløte topplaget er minst mot land (2021-1, 2021-4), med økende tykkelse utover i elva.
- De bløte toppmassene har ingen motstand og vil bli fortrent når de første lagene av steinfyllingen legges ut (mulig liquefaction og også fortregning pga. lav romvekt/dårlig bæreevne). Dette er observert resultat fra utleggingen som er foretatt så langt. Under det bløte topplaget synes massene ha langt større styrke, med udrenert skjærfasthet over 20 kPa der massene er tolket som leire.
- Det er antakelig tynne lag av både leire og silt i massene. Disse lagene vil ha varierende grad av konsolideringsegenskaper. Lagene av silt og sand må få tid til å konsolidere for å bygge opp tilstrekkelig styrke under videre utlegging, for å unngå ytterligere grunnbrudd. Overbelastning (for tykke lag ved utlegging) vil medføre udrenert respons og sannsynlig grunnbrudd der den udrenerte skjærfastheten er lav.

5.3 Geoteknisk vurdering mht lokal ustabilitet i elva ved utfylling av steinmasser

Utfyllingen av steinmasser til støttefyllingen som allerede er utført viser at det stedvis er store problemer med lokal utglidning/grunnbrudd under fyllingen. Scanning av profiler og videofilming viser at steinen blir liggende der den er deponert (sett i planet), mens det altså stedvis er forhøyninger av opprinnelig terreng på begge sider av steinfyllingen, størst på utsiden (se Figur 5). Det er noe uklart om dette skyldes "utskvising"/fortregning eller om det er snakk om rene rotasjonsbrudd. Det kan være en kombinasjon av disse mekanismene. Målinger av deformasjoner, samt resultater fra boringer utført i 2021, tyder på at problemene med de lokale utglidningene er knyttet til et topplag som er ekstremt bløtt. Basert på boringene utført i 2021 synes tykkelsen av dette bløte topplaget å variere fra nær ingenting nærmest land (borpunkt 2021-1 og 2021-4) til ca. 1.5 m i området der de største problemene er oppstått (borpunkt 2021-3). Ved videre dumping av stein på elvebunn med bløte overflatemasser vil det måtte forventes problemer av tilsvarende karakter som det som allerede er observert i områder der disse bløte massene finnes i noe omfang. I områder hvor disse bløte massene ikke finnes

(boringene antyder nærmere elvebredden), antas utlegging av masser ikke å ville medføre samme stabilitetsproblem.

Utfordringen er i første rekke å få etablert et første lag med steinmasser. Dette steinlaget medfører økt belastning på jordmassene, noe som igjen vil medføre økt styrke etter konsolidering (dette vil antatt skje relativt raskt i siltige/sandige masser, men vil variere med andel finstoff i massene lokalt). Videre dumping av stein på et eksisterende lag er derfor antatt til være mindre problematisk enn det første laget.



Figur 5 Bilde fra bunn som viser område med størst bunnoppressing av jord

6 Forslag til arbeidsprosedyre for utlegging av stein

NGI foreslår at følgende prosedyrer følges for utlegging av masser på elvebunnen:

- Det må gjennomføres en forsiktig utlegging langs hele strekket. Det medfører ikke minst at det første laget som legges må være så tynt som overhodet praktisk mulig. Etter hvert som en "såle" av stein er etablert på grunnen kan utleggingen gjøres litt mer effektivt, med noe tykkere lag.
- Det er vesentlig at laget legges ut jevnt over en større bredde, med liten mektighet, og ikke i smale, høye ranker, da disse lettere vil gå til brudd.
- For å øke styrken i grunnen, må de bløte massene få anledning til å konsolidere mellom utleggingen av hvert lag. Det medfører at det minst bør gå ett døgn mellom utlegging av hvert lag på hvert sted (samme profil). Utleggingen vil medføre økte poretrykk, også sideveis for steinmassene. Dette poretrykket må få anledning til å dissipere før neste lag legges. Tiden dette tar avhenger av materiale, for leire går det langt saktere enn for silt. For sand går det veldig raskt. Ut fra CPT-sonderingene tyder det på at grunnen i elva består mye av silt og sand, men poretrykksmålingene fra CPTene viser også klare indikasjoner på poretrykksoppbygging på enkelte dybder (silt/leire).
- I området som opplever størst problemer, dvs typisk profil 105-135 bør det vurderes å legge en stripe med steinmasser utenfor området med oppresete masser, for deretter å bygge seg gradvis innover mot land og nå foreslått form for støttefylling. Det er i dette området behovet for mest "skånsom" utlegging bør utføres.
- Det må gjennomføres kontinuerlig scanning av området etter hvert lag slik at en har kontroll med eventuelle videre bevegelser i grunnen. Personell med geoteknisk kompetanse (hos NVE) bør vurdere videre utvikling mellom hvert utleggingslag.
- Utleggingsprosedyren må tilpasses etter hvert som man får erfaring. Dersom 1 døgn ikke er tilstrekkelig for å gi stabile masser, må tiden mellom utlegging av hvert lag økes.

7 Referanser

NGI (2020)

Stabilitetsanalyser av kvikkleiresone 56 Bøle i Skien kommune
Resultater av stabilitetsberegninger med vurderinger av eventuelle tiltak
NGI rapport 20130896-02-R, rev. 3, 20. januar 2020

NVE (2014)

Sikkerhet mot kvikkeleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
NVE veileder 7-2014. Revidert april 2014. ISSN: 1501 – 0678.

NVE (2020)

Sikkerhet mot kvikkeleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
NVE veileder 1-2019. Desember 2020. ISSN: 1501 – 0678.

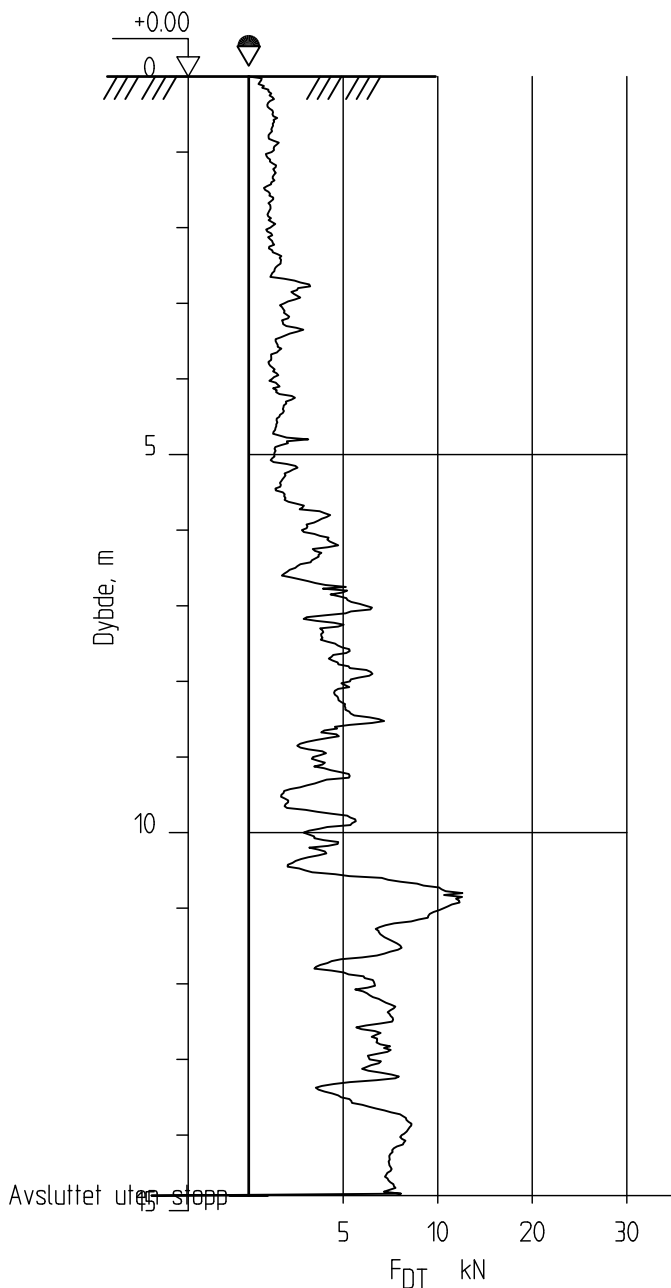
Vedlegg A

DREIETRYKKSONDERING - 2021

Figurer

Figur A1 DrT 2021-1
Figur A2 DrT 2021-2
Figur A3 DrT 2021-3
Figur A4 DrT 2021-4
Figur A5 DrT 2021-5
Figur A6 DrT 2021-6
Figur A7 DrT 2021-7

2021-1D



Bøle

Dreietrykkssondering - 2021 fra Geostrøm

M = 1: 100

Borhull 2021-1

Posisjon X 6560560.0

Y 535900.0

Dato boret: 03/02/2021

Rapport nr.

20130896 - 02 - R (2021)

Dato
03.02.2021

Figur nr.
A1

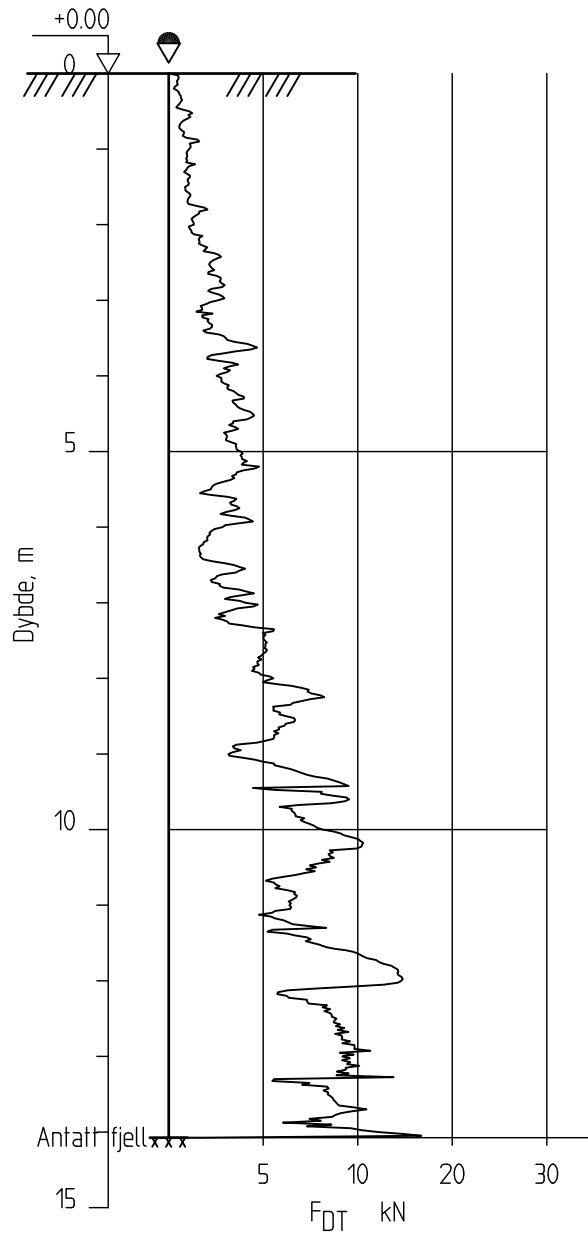
Tegn.
VIC

Kontr.
-

Godkj.
BGK

NGI

2021-2D



Bøle

Rapport nr.
20130896 - 02 - R (2021)

Dreietrykkssondering - 2021 fra Geostrøm
M = 1: 100

Dato.
03.02.2021

Figur nr.
A2

Tegn.
VIC

Kontr.
-

Godkj.
BGK

Borhull 2021-2

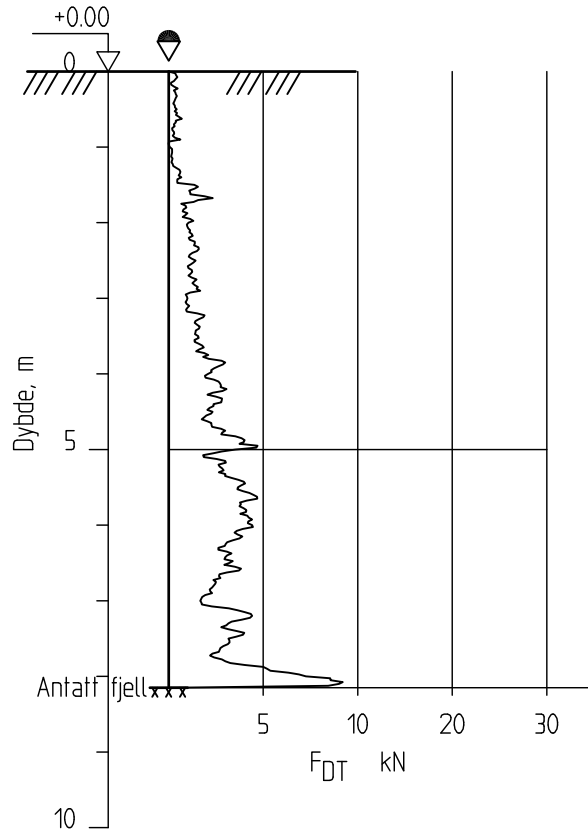
Posisjon X 6560560.8

Y 535869.7

Dato boret: 01/02/2021



2021-3D



Bøle

Rapport nr.

20130896 - 02 - R (2021)

Dreietrykksondring - 2021 fra Geostrøm

Dato.
03.02.2021

Figur nr.
A3

M = 1: 100

Tegn.
VIC

Kontr.
-

Godkj.
BGK

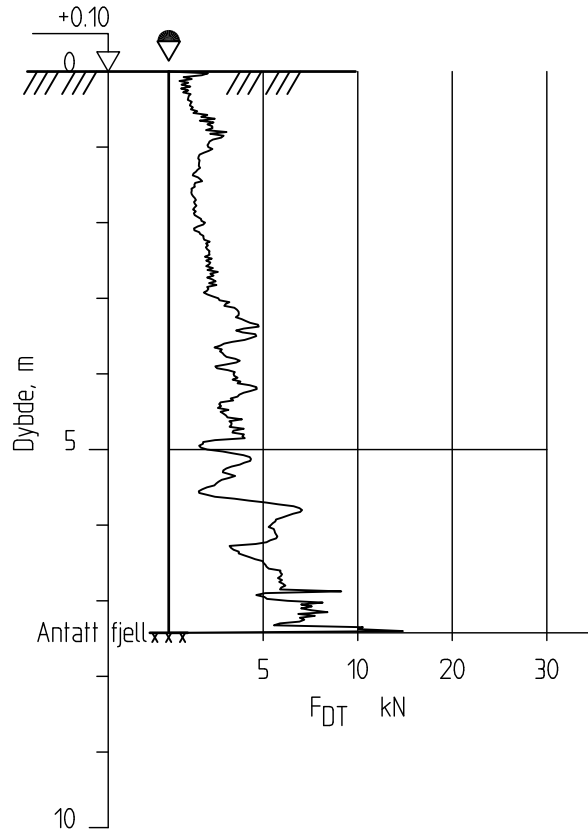
Borhull 2021-3

Posisjon X 6560580.2 Y 535880.1

Dato boret: 02/02/2021

NGI

2021-4D



Bøle

Rapport nr.

20130896 - 02 - R (2021)

Dreietrykkssondering - 2021 fra Geostrøm

Dato.
03.02.2021

Figur nr.
A4

M = 1: 100

Tegn.
VIC

Kontr.
-

Godkj.
BGK

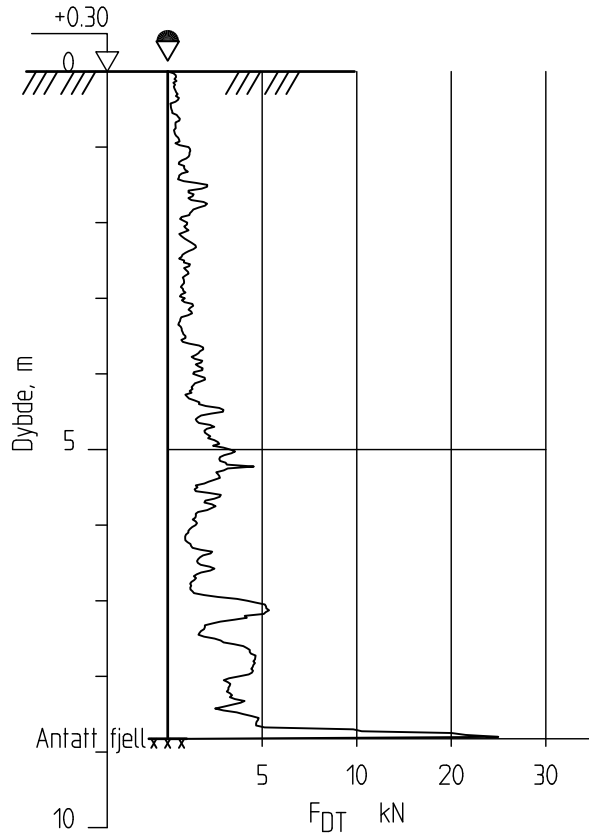
Borhull 2021-4

Posisjon X 6560620.1 Y 535881.9

Dato boret: 03/02/2021

NGI

2021-5D



Bøle

Rapport nr.
20130896 - 02 - R (2021)

Dreietrykksondring - 2021 fra Geostrøm
M = 1: 100

Dato.
03.02.2021

Figur nr.
A5

Tegn.
VIC

Kontr.
-

Godkj.
BGK

Borhull 2021-5

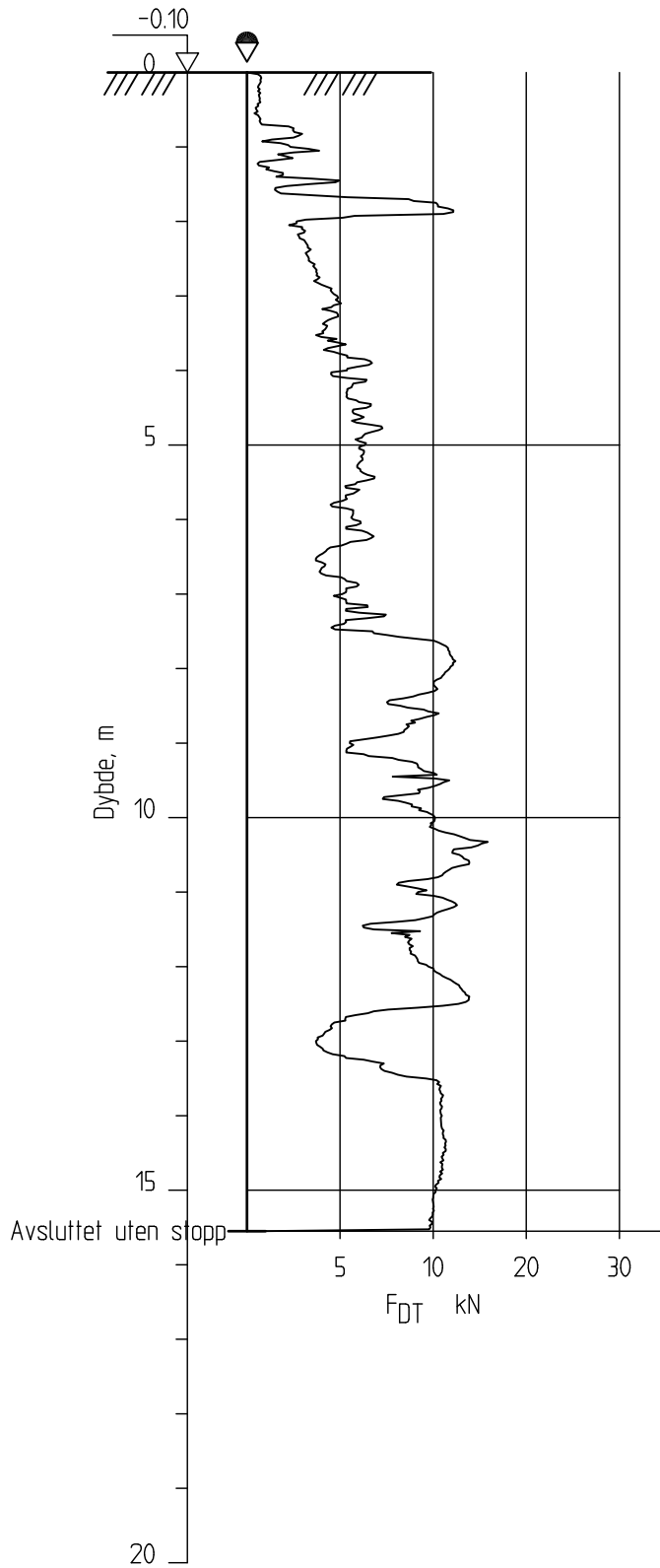
Posisjon X 6560647.3

Y 535855.5

Dato boret: 02/02/2021



2021-6D



Bøle

Rapport nr.

20130896 - 02 - R (2021)

Dreietrykksondering - 2021 fra Geostrøm

Dato.
03.02.2021

Figur nr.
A6

M = 1: 100

Tegn.
VIC

Kontr.
-

Godkj.
BGK

Borhull 2021-6

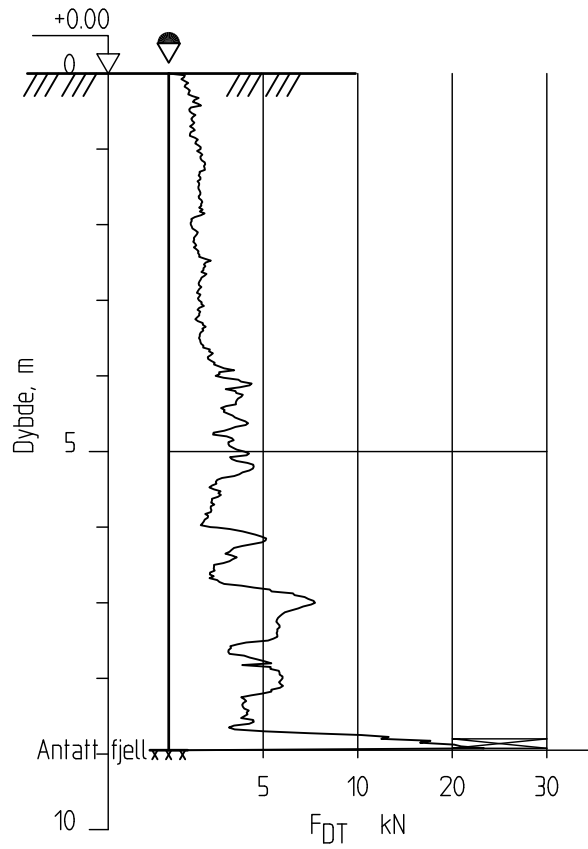
Posisjon X 6560510.3

Y 535896.1

Dato boret: 02/02/2021

NGI

2021-7D



<p>Bøle</p>	<p>Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)</p>		
<p>Dreietrykksondering - 2021 fra Geostrøm M = 1: 100</p>	<p>Dato. 03.02.2021</p>	<p>Figur nr. A7</p>	
<p>Borhull 2021-7 Posisjon X 6560649.2 Y 535873.7 Dato boret: 02/02/2021</p>	<p>Tegn. VIC</p>	<p>Kontr. -</p>	<p>Godkj. BGK</p>
			

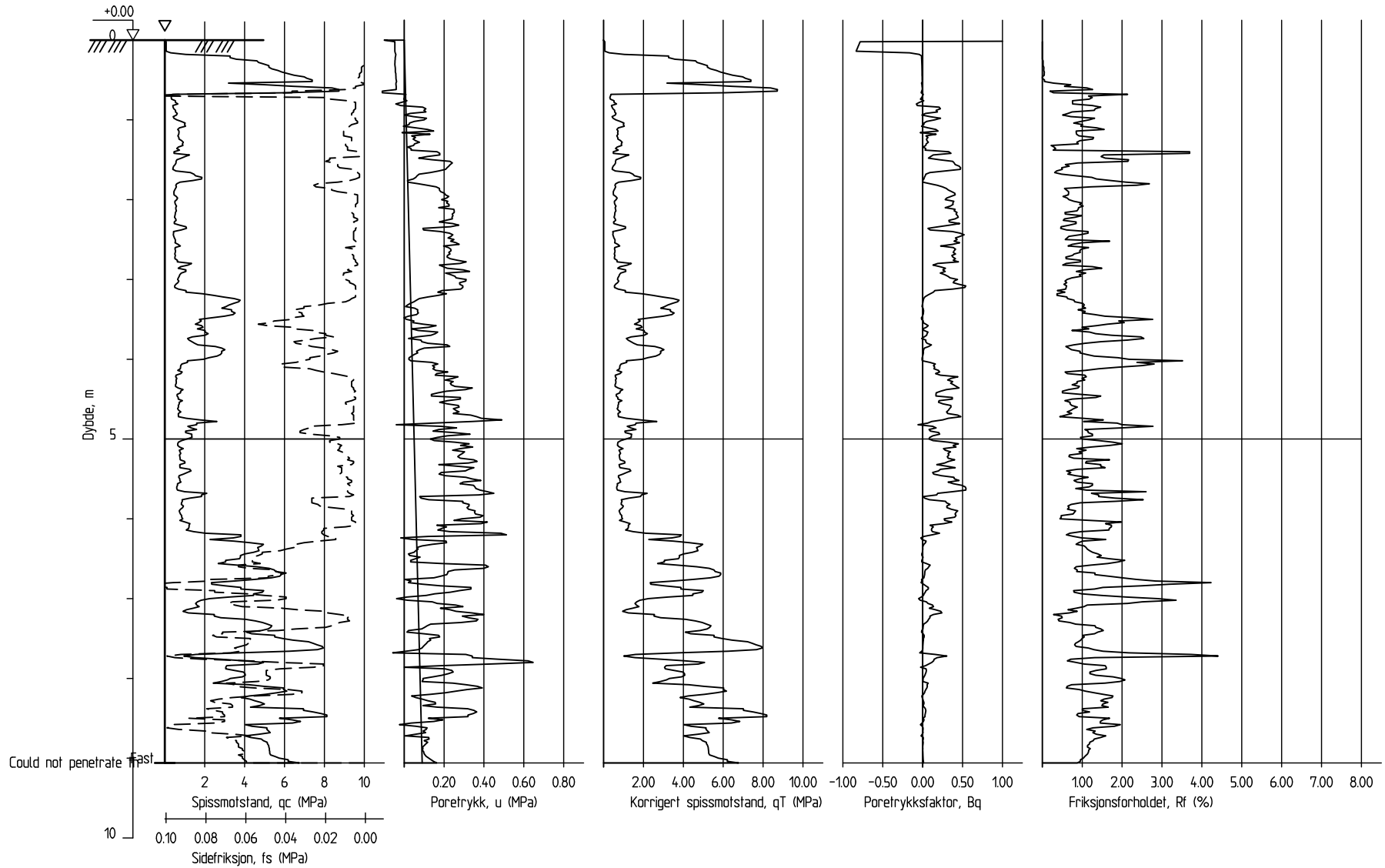
Vedlegg B


CPT SONDERING - 2021

Figurer

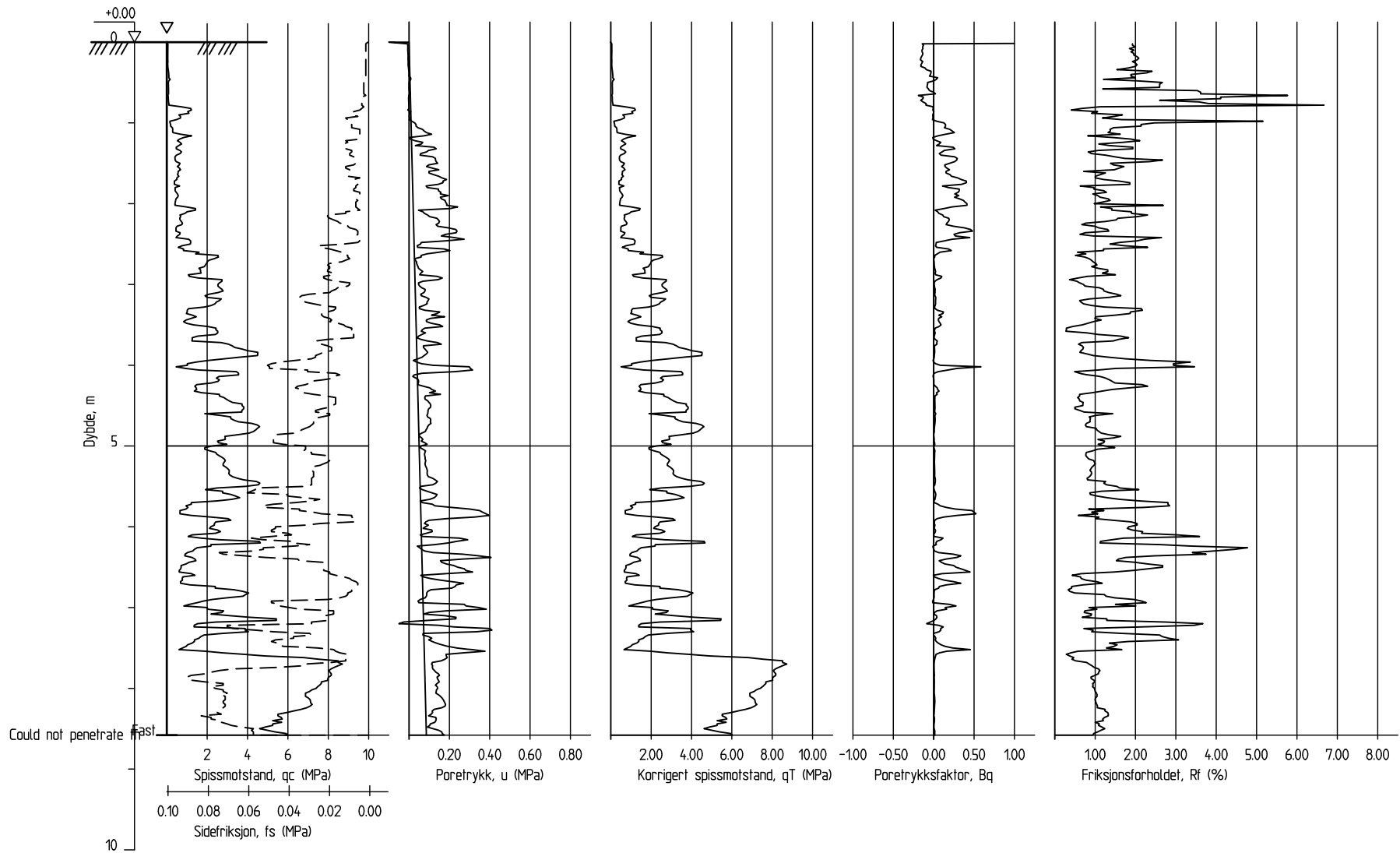
Figur B1 CPTU 2021-1
Figur B2 CPTU 2021-2
Figur B3 CPTU 2021-3
Figur B4 CPTU 2021-4
Figur B5 CPTU 2021-5
Figur B6 CPTU 2021-6
Figur B7 CPTU 2021-7

2021-1



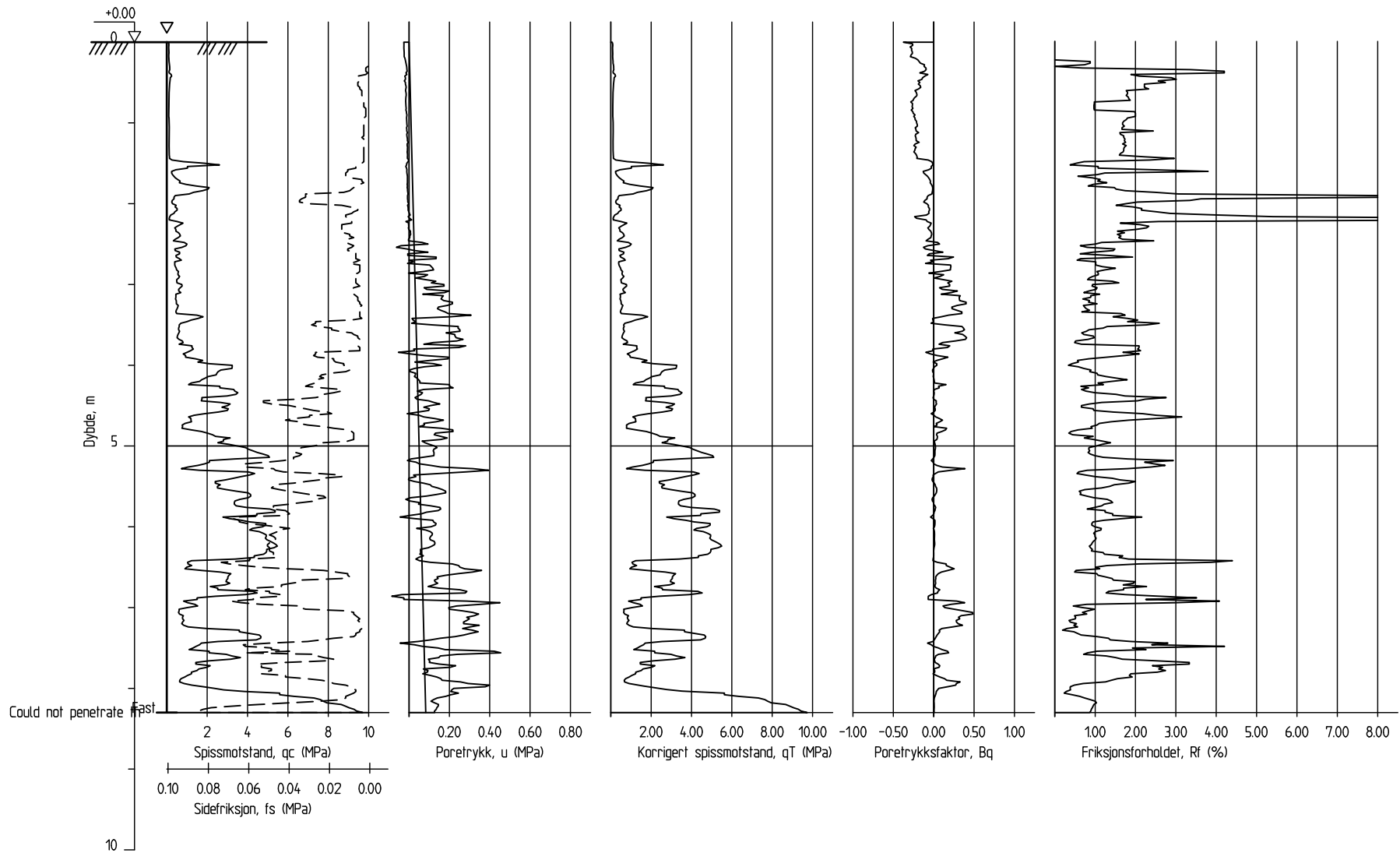
Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Filar nr. B1
M = 1: 50		Team. VIC	Geol. / BGK
Borhull 2021-1		Sonde nr. 4707	
Posisjon X 6560560.0 Y 535900.0		Dato boret: -	
			


2021-2



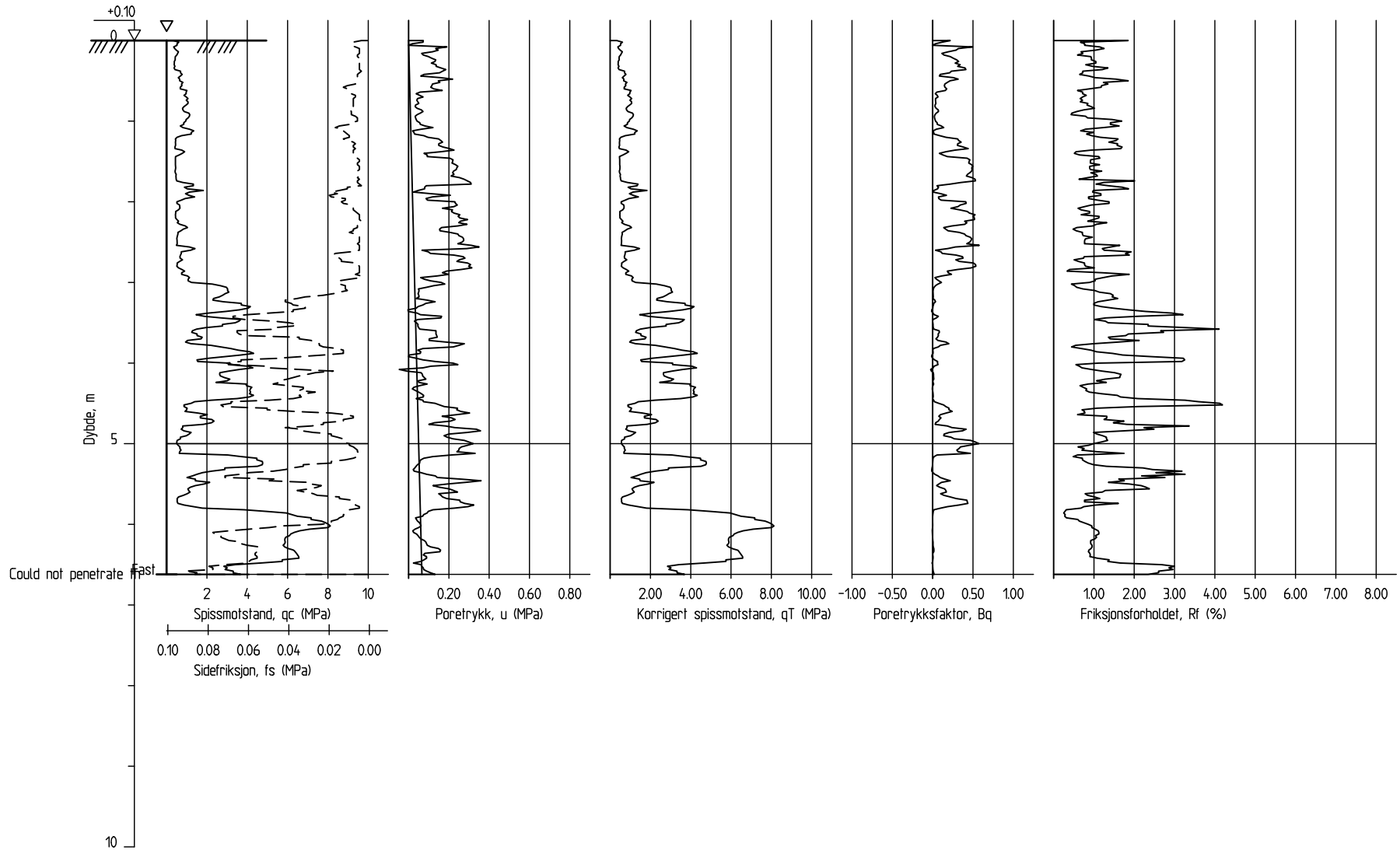
Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Filar nr. B2
M = 1: 50		Team. VIC	Geol. / BGK
Borhull 2021-2 Posisjon X 6560560.8 Y 535869.7		Sonde nr. 4707 Dato boret: 01/02/2021	

2021-3



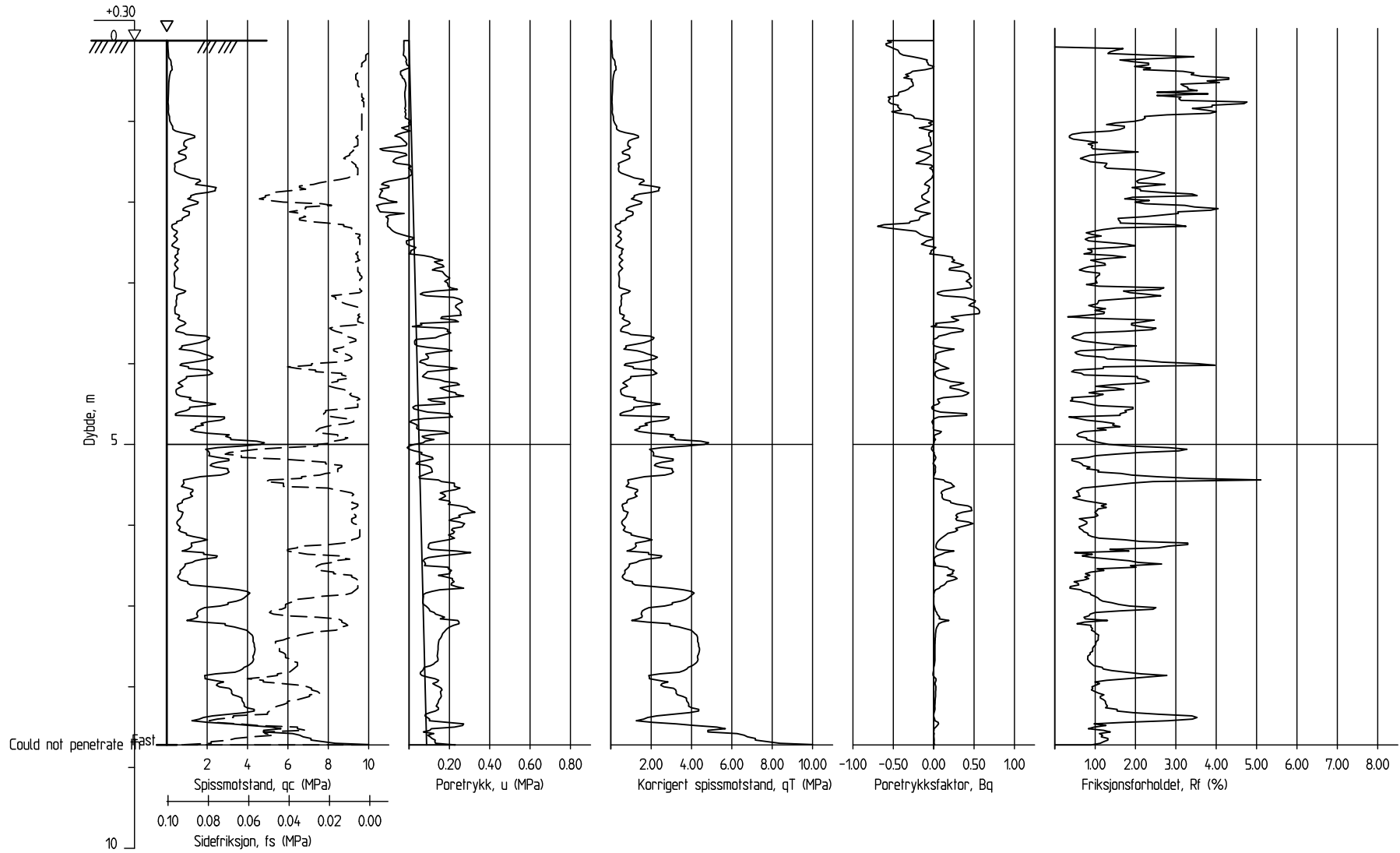
Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Figur nr. B3
M = 1: 50		Tege. VIC	Geotry. BGK
Borhull 2021-3 Posisjon X 6560580.2 Y 535880.1		Sonde nr. 4707 Dato boret: 02/02/2021	
			

2021-4



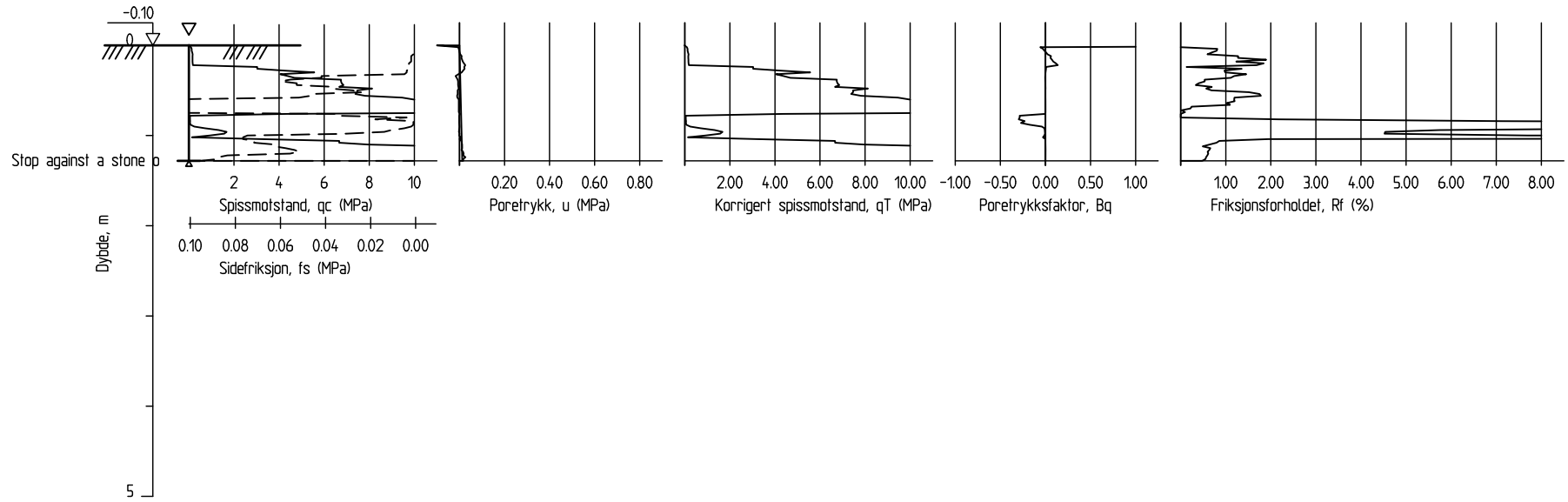
Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Figur nr. B4
M = 1: 50		Team. VIC	Geol. / BGK
Borhull 2021-4 Posisjon X 6560620.1 Y 5358819		Sonde nr. 4707 Dato boref: 03/02/2021	

2021-5



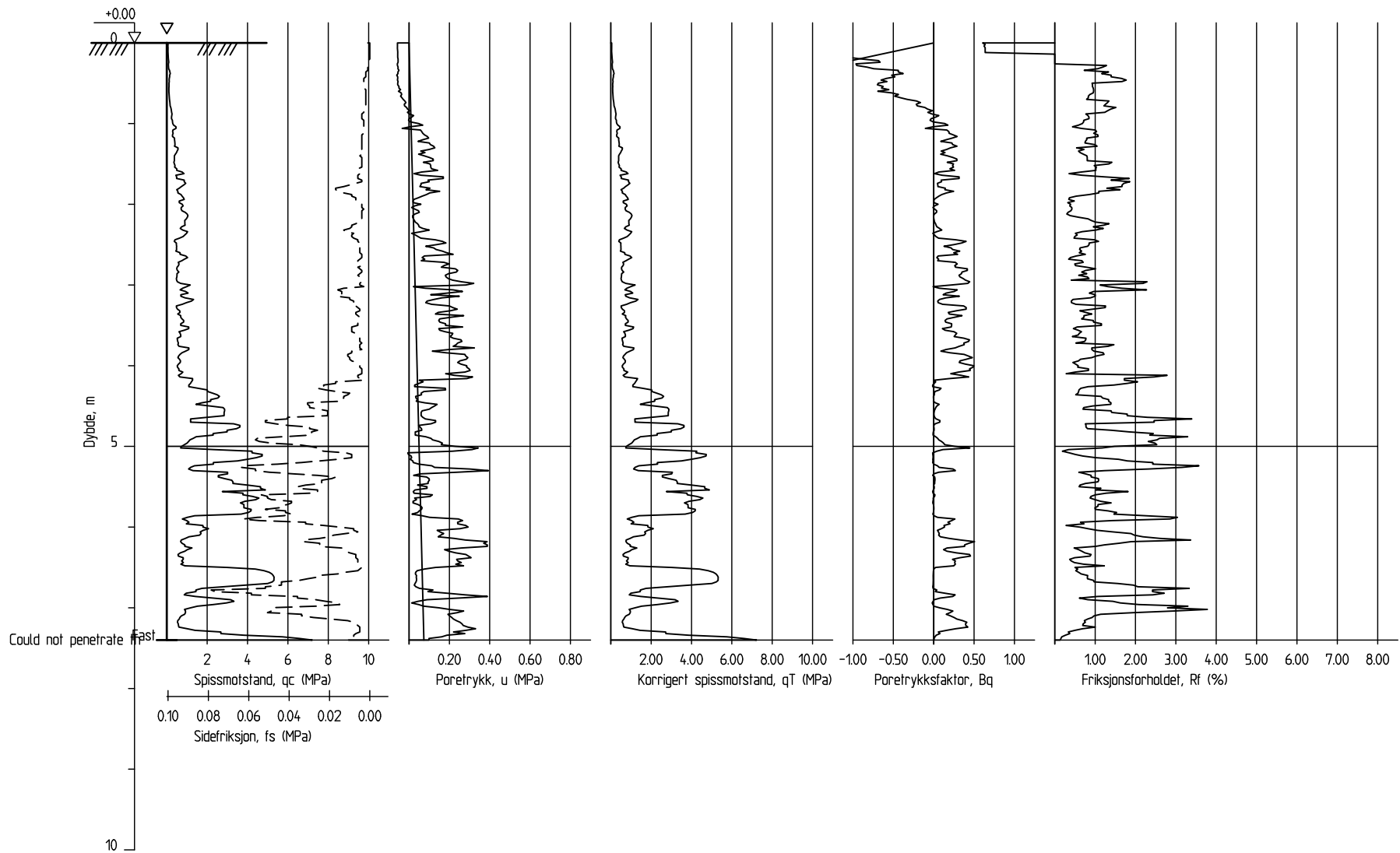
Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Filar nr. B5
M = 1: 50		Team. VIC	Geol. / BGK
Borhull 2021-5 Posisjon X 6560647.3 Y 535855.5		Sonde nr. 4707 Dato boret: 02/02/2021	


2021-6



Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Figur nr. B6
M = 1: 50		Tege. VIC	Geotry. BGK
Borhull 2021-6		Sonde nr. 4707	
Posisjon X 6560510.3 Y 535896.1		Dato boref: 02/02/2021	

2021-7



Bøle		Rapport nr. 20130896 - 02 - R (2021)	
CPT - sondering - 2021 fra Geostrøm		Dato. 03.02.2021	Figur nr. B6
M = 1: 50		Team. VIC	Geotek. BGK
Borhull 2021-6 Posisjon X 6560510.3 Y 535896.1		Sonde nr. 4707 Dato bore: 02/02/2021	
			

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Vurdering av lokal stabilitet ved etablering av støttefyllinger i Skienselva		Dokumentnr./Document no. 20190401-02-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client NVE Sør	Dato/Date 2021-02-04
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Kvikleire, motfylling		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Vestfold og Telemark	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Skien	Felt navn/Field name
Sted/Location Bøle	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/Self review by:	Sidemannskontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2021-02-04 Bjørn Kalsnes	2021-02-04 Håkon Heyerdahl		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 4. februar 2021	Prosjektleder/Project Manager Bjørn Kalsnes
---	-------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

