

Til: Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE)  
v/ Geir B. Hagen  
Kopi til: Stein Are Strand  
Dato: 2020-05-13  
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2020-05-15  
Dokumentnr.: 20200375-01-TN  
Prosjekt: Forset, Kvål - Utglidning  
Prosjektleder: Jean-Sebastien L'Heureux  
Utarbeidet av: Jean-Sebastien L'Heureux og Ragnar Moholdt  
Kontrollert av: Vidar Gjelsvik

## Forset, Kvål - Utglidning og forslag til sikringstiltak

### Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Hendelsesforløp og beskrivelse av skredområdet</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Felt- og laboratorieundersøkelser</b>	<b>5</b>
3.1	Bakgrunnsdata	5
3.2	Feltundersøkelser	6
3.3	Laboratorieundersøkelser	6
<b>4</b>	<b>Generell beskrivelse av grunnforhold</b>	<b>7</b>
4.1	Kvartærgeologi og topografi	7
4.2	Lagdeling	8
4.3	Styrkeegenskaper	8
4.4	Poretrykk	9
<b>5</b>	<b>Stabilitetsanalyser og forslag til tiltak</b>	<b>9</b>
5.1	Prosjekteringsforutsetninger	9
5.2	Resultater	10
5.3	Beskrivelse av tiltak	11
<b>6</b>	<b>Krav til utførelse</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Overvåkning</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Oppsummering</b>	<b>12</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b>	<b>13</b>

## Tegninger

001	Oversiktskart	M = 1:50 000
010	Situasjonskart. Oversikt over utførte grunnundersøkelser og profiler for stabilitetsanalyser	M = 1:2 000
011	Situasjonsplan med grunnboringer	M = 1:500
012	Evakueringskart	M = 1:2 000
013	Situasjonskart – Prosjektert motfylling	
100	Profil 6a-lagdeling	M = 1:500
101	Profil 6-lagdeling	M = 1:500
102	Profil 6a: Stabilitetsanalyser, effektivspenningsanalyse	M = 1:200
103	Profil 6: Stabilitetsanalyser, totalspenningsanalyse	M = 1:500
104	Snitt – prosjektert motfylling	M = 1:200

## Vedlegg

Vedlegg A	Dreietrykksonderinger
Vedlegg B	CPTU + tolkning
Vedlegg C	Borprofiler
Vedlegg D	Poretrykk

## Kontroll- og referanseside



## 1 Innledning

Fredag kveld 24. april ble NGI kontaktet for å assistere NVE Region Midt på grunn av oppsprekking og en mindre glidning ved kvikkleire-sone Forset ved Kvål, sør for Melhus i Trøndelag (jf. Oversiktskart på tegn. 001). NGI Trondheim mobiliserte grunnundersøkelser fra tidlig lørdag morgen og vurdering av situasjonen med befaringer og møter gjennom helgen (25.-26. April). Videre er NGI er engasjert av NVE i forbindelse med vurdering av stabilitet og detaljprosjektering av sikringstiltak ved skredområdet.

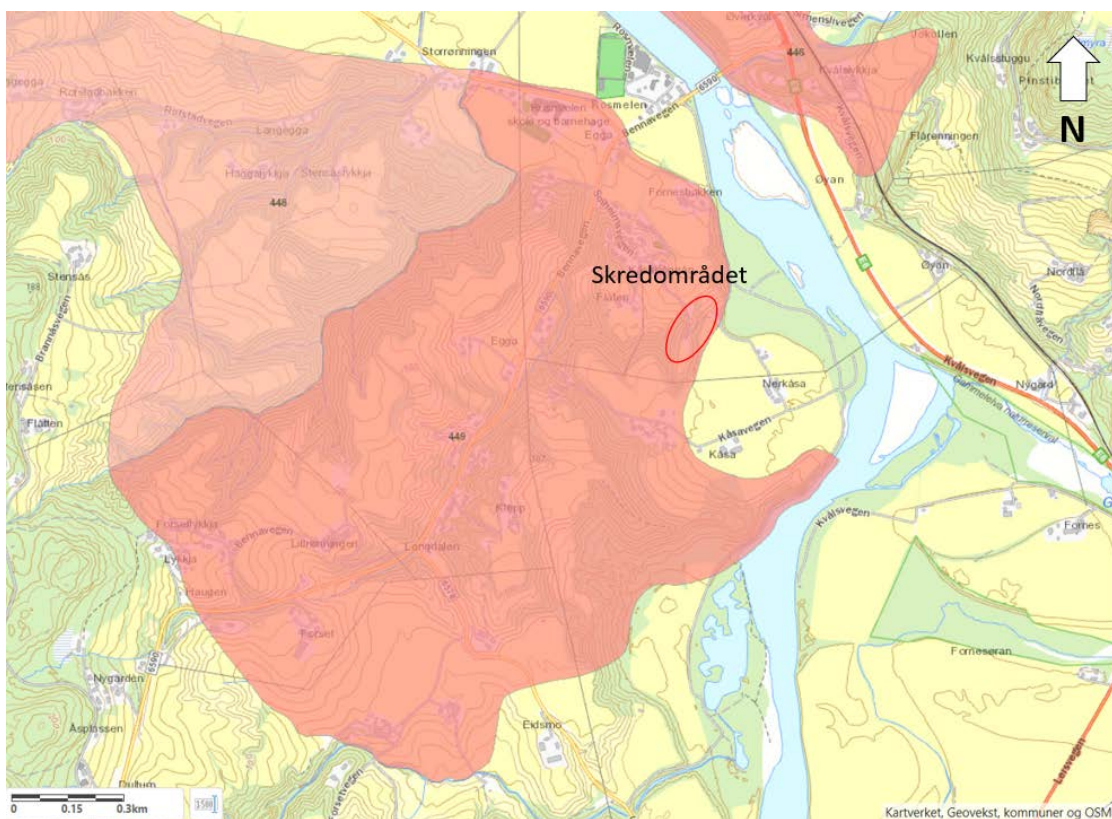
Dette notatet omfatter en beskrivelse av skredhendelsen, grunnforholdene, stabilitetsanalyser og vurderinger med forslag til sikringstiltak. Notatet presenterer også et masseoverslag for tiltakene, samt krav til utførelse og overvåkning i anleggsfasen.

## 2 Hendelsesforløp og beskrivelse av skredområdet

I månedsskifte mars/april ble det observert en langsgående sprekk og en mindre utglidning i den nederste delen av Solheimsvegen som ligger innenfor kvikkleiresone 449-Forset på Kvål, sør for Trondheim (jf. Oversiktskart på tegn. 001 og Figur 1). Grunneieren tok kontakt med Melhus kommune fredag 24. April etter at han registrerte videre utvikling i området. Under befaringen utført av NVE og Melhus kommune kunne man registrere at det hadde forekommet en utglidning med en liten rotasjon langs veien. Terrenget har sunket opptil 2 m på det verste over en lengde på ca. 70 m. Massene i foten langs nedre del av Solheimsvegen er blitt forskjøvet opptil 2-3 m. Figur 2 viser omrisset av skredet tolket på et dronebilde tatt av NVE mandag 27. april.

Historiske flybilder viser at veien ble bygd etter 1986 og før 1998. Mest sannsynlig ble veien bygd i ca. 1995. Deler av veien går i halvskjæring og det er etablert fyllinger øst og vest for skredet, noe som har ført til en forverring av stabilitet i området. Etter all sannsynlighet skyldes dette skredet en kombinasjon av bratte skråninger, dårlig grunnforhold og mye nedbør/økt grunnvannstand siden månedsskifte mars-april (jf. Figur 3).

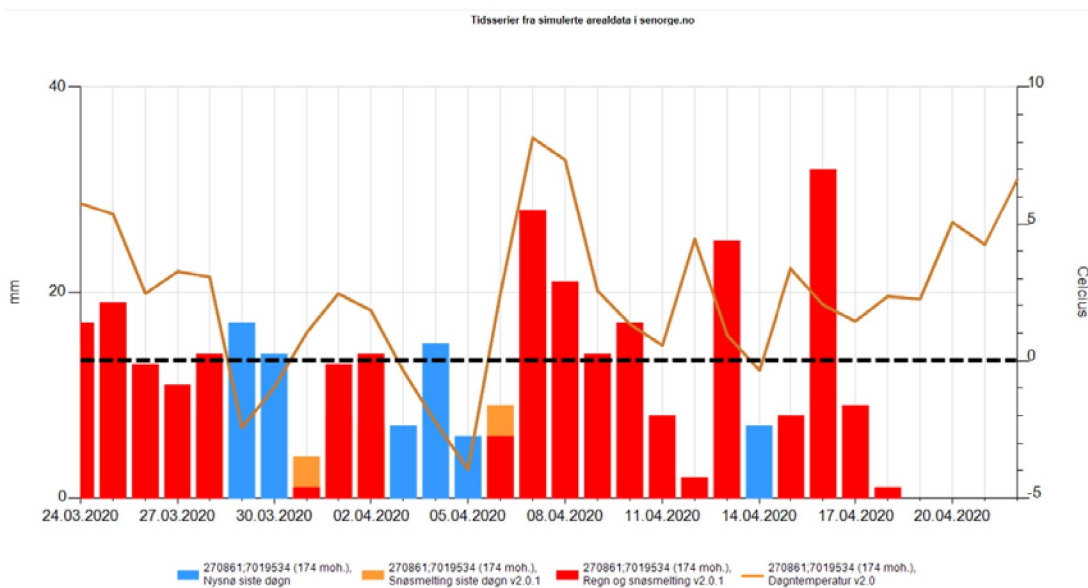
Den 05.05.2020 deltok hvor Jean-Sebastien L'Heureux (NGI), Stein Are Strand (NVE), Geir B. Hagen (NVE), Joar Skauge (NVE) og Caroline Mevik (Melhus kommune) på en ny befaring av området. Det ble det observert at skredkanten i vest hadde blitt høyere enn tidligere (noen cm). Det ble også registrert at drengroft i nærheten av kummen ved skråningsfoten hadde hevet seg.



Figur 1 Utstrekning av kvikkleiresone 449- Forset ved Kvål.



Figur 2 Dronebilde tatt av NVE 28.04.2020 med tolkning av øvre skredkant, ca. plassering av skredfoten og siktelinjer med markører for å kartlegge bevegelser. Antatt bevegelsesretning er vist med blå piler.



Figur 3 Tidsserie fra simulerte arealdata i senorge.no for temperatur, nedbør og snøsmelting i studieområdet. Tidsserien er simulert for stasjon Løksmyr ca. 8 km øst for Kvål.

Kvikkleiresone 449 Forset er plassert i faregradklasse 2- middels og risikoklasse 4. I løpet av helgen 25.-26. april ble det registret kun mindre bevegelser langs øvre skredkanten der hvor massene sto brattest. Selve skråningen hvor skredet har gått har dokumentert dårlig stabilitet fra før; jf. ref. [1,2], og hendelsen har ført til en forverring av stabilitet.

NGI har utarbeidet et forslag til evakueringsplan som er presentert på tegning 012. Evakueringssonen inneholder ca. 23 boliger og til sammen ca. 75 personer. Melhus kommune har evakueringsplan klar og har forberedt krisestab og hotell på en eventuell evakuering. For å kartlegge nye bevegelser i skredområdet er det plassert markører langs to siktelinjer i øvre og nedre del av skredområdet; jf. Figur 2. NVE og Melhus kommune har fått ansvar om å befare området minst en gang om dagen frem til tiltaket er fullført, og varsle dersom det er noen endringer langs siktelinjene.

### 3 Felt- og laboratorieundersøkelser

#### 3.1 Bakgrunnsdata

Det er gjennom årene utført flere grunnundersøkelser og utarbeidet flere rapporter knyttet til grunnforhold, stabilitetsvurderinger og anbefaling av sikringstiltak i området ved Kvål og Forset. Dette i forbindelse med den nasjonale kvikkleirekartlegging og med reguleringsplan og prosjektering av den nye E6 gjennom Melhus. Til grunnlag for denne vurderingen er følgende rapport benyttet.



- Scandiaconsult 2004. Grunnundersøkelse. Generell geoteknisk vurdering. Rapport nr. 630353A-01; ref. [3]
- NGI 2011. E6 Håggåtunnelen – Skjæringstad. Grunnundersøkelser – data rapport. Rapport nr. 20101052-00-3-R; ref. [4]
- NGI 2011. E6 Håggåtunnelen – Skjæringstad. Vurdering av skråningsstabilitet ved kvikkleiresone Kvål og Forset. Rapport nr. 20101052-00-4-R, rev nr. 1 juli 2012; ref. [1]
- Multiconsult 2015. E6 Skjæringstad – Røskaft. Vurdering av områdestabilitet ved Forset. Notat nr. 416746-RIG-NOT-004; ref. [5]
- Multiconsult 2015. E6 Skjæringstad – Røskaft. Vurdering områdestabilitet kvikkleiresone Forset. Notat nr. 416746-RIG-RAP-009; ref. [2]

## 3.2 Feltundersøkelser

Etter avtale med NVE utførte NGI grunnundersøkelser ved skredområdet i perioden 25.-28. April 2020. Målet med undersøkelsene var å kartlegge beliggenhet av kvikkleire, samt dokumentere egenskapene til grunnen for bruk i vurdering av skråningsstabilitet og dimensjonering av sikringstiltak.

Det ble utført 5 dreietrykksonderinger (punkt S1-S5) og 3 CPTU (punkt S1, S2 og S5); jf. Tabell 1. I tillegg ble det tatt prøver i punkt S2 og S5, og installert piezometer i to dybder i punkt S2 og S5. Koordinater og terrenghøyde for grunnundersøkelser er gitt i Tabell 1 og presentert på situasjonskart i tegn. 102. Innmålinger ble gjort av grunnborere med GPS.

Resultater fra dreietrykksonderinger er presentert i Vedlegg A, mens CPTU data er presentert i Vedlegg B. Resultatene fra poretrykkmålinger er sammenstilt i Vedlegg D.

*Tabell 1 Oversikt over utført supplerende grunnundersøkelser ved Forset; jf Situasjonskart på tegn. 102.*

Boring	Koordinater		Kote (moh)	Boremetode			
	Nord	Øst		Dreietrykk	CPTU	Prøveserie	Piezometer
S1	7010898	564380	61,0	X	X		
S2	7010923	564423	41,0	X	X	X	5 og 10 m
S3	7010989	564362	47,6	X			
S4	7010865	564469	23,0	X			
S5	7010903	564462	29,0	X	X	X	3 og 6 m

## 3.3 Laboratorieundersøkelser

Prøvene tatt opp i punkt S2 og S5 ble undersøkt av Multiconsult AS i Trondheim. Resultatene er presentert i Vedlegg C.

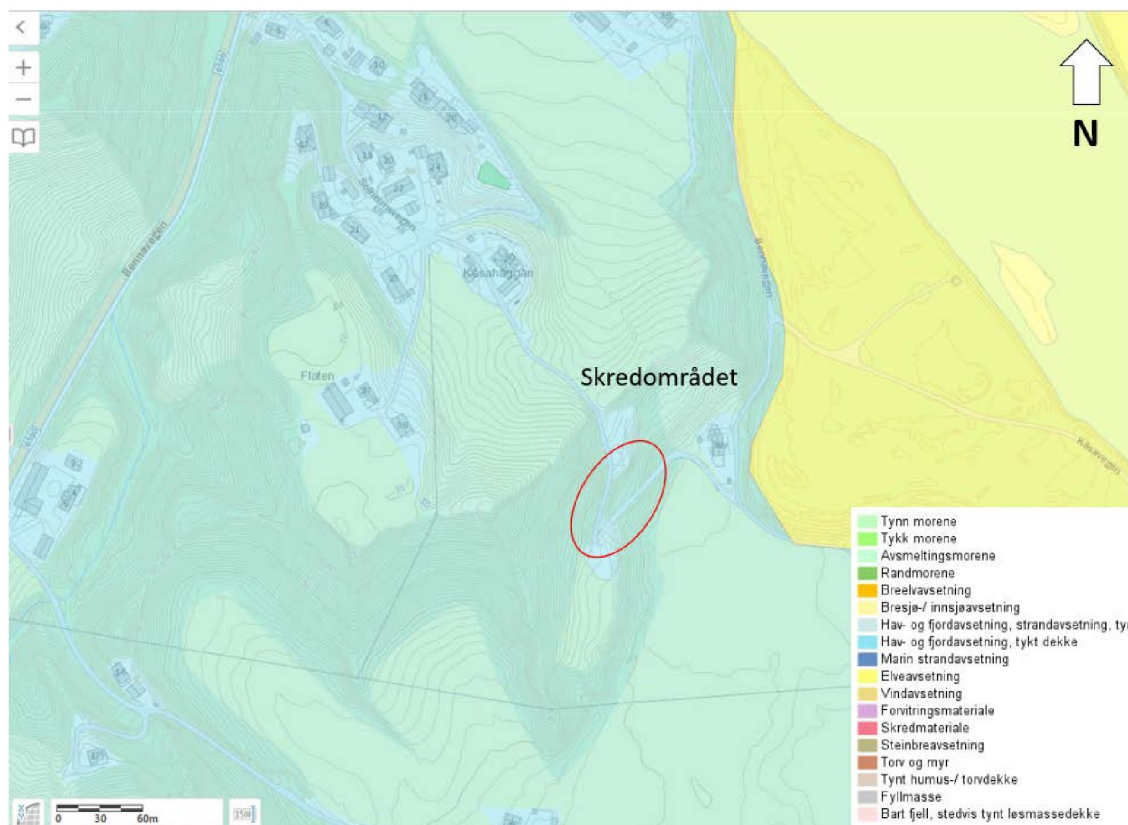
## 4 Generell beskrivelse av grunnforhold

### 4.1 Kvartærgeologi og topografi

Kvartærgeologisk kart viser at løsmassene i området domineres av marine hav- og fjordavsetninger (lyseblått); jf. Figur 4. Disse massene, som består av silt og leire, er registrert i de aller flest boringene i området. Mektigheten av massene er stor og det er ingen boringer der det er registrert sikker fjellkontakt.

Ødometerforsøk presentert i tidligere rapporter viser at tidligere sjøbunn minst må ha ligget på kote +110 til +130 i området; jf. ref. [1]. Leirmassene er derfor noe overkonsolidert, noe som gir en relativt høy fasthet. Fastheten varierer fra middels – meget fast. Leiren er middels – meget plastisk, bortsett fra kvikkleiren som er lite plastisk.

Terrenget i området er ravinert og fremstår med store høydeforskjeller og bratte skråninger mellom terrengrygger og bunnen av raviner. Åkeren i foten av skråningen ved skredområdet ligger på ca. kote + 23 og toppen av skråningen på kote + 72.



Figur 4 Kvartærgeologisk kart ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)).

## 4.2 Lagdeling

Nye og gamle boringer viser at det er kvikkleire flere steder og at forekomsten ser ut til å danne et stort sammenhengende lag; jf. tegning 100-101. Kvikkleire ligger 13-14 m under terreng i borpunkt S1 og S3. Det er tatt prøver som viser kvikkleire fra 10 m under terreng i punkt S2 og 4 meter under terreng i S5. Sonderingen i punkt S4 tyder på at kvikkleirlaget kiler ut i foten av skråningen. Sonderingene i punkt 9, som tidligere er utført ved Bennaveien, tolkes ikke som kvikkleire.

Tolket lagdeling for profil 6 og 6a er vist på tegninger 100-101. Lagdeling er basert på CPTU, dreietrykk- og totalsonderinger, samt prøveserier. Lagdelingen inneholder 3 lagpakker. Rett under terrenget finner man et leirlag av varierende tykkelse etterfulgt av et kvikkleirelag og et lag med siltig leire/leire. Dybde til berg er ukjent.

## 4.3 Styrkeegenskaper

### 4.3.1 Drenerte parametere

I stabilitetsberegningene er det valgt å dele opp jordvolumet i 4 materialtyper. Dette er 1 – steinfylling, 2 – leire, 3 – kvikkleire og 4 – siltig leire/leire. Tabell 2 viser verdier for fasthet og tyngde valgt for de forskjellige materialene.

Tabell 2 Styrke egenskaper benyttet i analyser; jfr. ref. [1].

Material	Romvekt (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	c (kPa)
Stein	19,0	42	0
Leire	19,4	32	3
Kvikkleire	19,4	30	3
Leire	19,4	32	3

### 4.3.2 Udrenerte parametere

Det er valgt å bruke samme parametere som tidligere er benyttet til beregning av område-stabilitet for planlagt ny E6, ref. [1,4].

Udrenert skjærfasthet er bestemt ut fra SHANSEP-prinsippet under forutsetning om at tidligere havbunnsnivå har ligget på ca. kote 90-110 i det aktuelle området (Profil 6).

$$s_{ua} = \alpha \cdot p'_0 \cdot OCR^m$$

Forutsetningene for beregnede skjærstyrkeprofiler iht SHANSEP er oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3 Forutsetninger for beregning av skjærstyrke iht SHANSEP-prinsippet.

$\alpha$	$p'_o$	OCR	m
0,29	Beregnet med målt romvekt og interpolert poretrykk	Beregnet ut fra et opprinnelig havbunnsnivå på kote +90-110.	0,7

Verdiene for  $\alpha$  og m er valgt slik at det ble oppnådd best mulig samsvar med CPTU-tolket skjærfasthet og laboratorieforsøk. Anisotropiforhold for leiren er valgt iht. Tabell 4.

Tabell 4 Forutsetninger for beregning av skjærstyrke iht SHANSEP-prinsippet; jfr. ref. [1].

Material	$s_u^A / s_u^A$	$s_u^{DSS} / s_u^A$	$s_u^P / s_u^A$
Lite sensitiv	1,00	0,70	0,40
Sensitiv / kvikkleire	0,85	0,60	0,34

## 4.4 Poretrykk

Målinger foretatt i forbindelse med supplerende og eldre grunnundersøkelser viser generelt grunnvannstand i eller rett under terreng, jf. Vedlegg D. Stigehøyden er generelt lavest for de dypeste målerne, dvs. poretrykksgradienten er lavere enn hydrostatisk gradient.

## 5 Stabilitetsanalyser og forslag til tiltak

### 5.1 Prosjekteringsforutsetninger

NGI er på møte med Melhus kommune og NVE den 28.04.2020 informert om at sikringsarbeidene ved skredgropa er å regne med som et krisetiltak og dermed ikke en byggesak, men gjenoppretting.

Gjeldende regelverk legges til grunn for geoteknisk prosjekteringen og sikring av eksisterende bebyggelse:

- Byggteknisk forskrift (TEK17) og veiledning til TEK17, ref. [6]
- SAK10, ref. [7]
- NVE veileder 7/2014 "Sikkerhet mot kvikkleireskred"; ref. [8]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7-1), ref. [9]
- NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 (Eurokode 7-2), ref. [10]
- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner



TEK17 henviser til NVE kvikkleireveileder for å oppfylle lovverkets krav til sikkerhet. I NVE kvikkleireveileder skilles det mellom sikring av ny bebyggelse og sikring av eksisterende bebyggelser; jfr. ref. [8]. Det er ikke noe formelle krav for sikring av eksisterende bebyggelser. For det aktuelle sikringstiltaket legges det til grunn at prosjekterte tiltaket skal gi 4-5% forbedring av kritisk glideflate for områdestabilitet. Dette betyr at stabiliteten etter at tiltaket er utført blir bedre enn for situasjonen før skred.

I forbindelse med byggesøknaden er selve tiltaket klassifisert i Tiltaksklasse 2 iht. SAK10; ref. [7]. Etter Eurokode 0 og 7 er sikringstiltaket klassifisert i Geoteknisk kategori 2 og Pålitelighetsklasse (CC/RC) 2. Det siste medfører at det er krav om utvidet kontroll i klasse PKK 2 (prosjektering) og UKK 2 (utførelse).

## 5.2 Resultater

Stabilitetsberegninger er utført for 2 kritiske snitt (profil 6 og profil 6a; jf. Tegning 102-103). Profilene er plassert der hvor skråningene er høyest og/eller brattest i området. Profil 6 viser den mest kritiske situasjonen for den drenerte langtidstilstanden (effektivspenningsanalyse), mens profil 6a tar for seg den mest kritiske situasjon for den udrenerte korttidstilstanden (totalspenningsanalyse).

Tidligere stabilitetsberegninger utført av NGI; jf. ref. [1] og Multiconsult; jf. ref. [2] viste at stabilitet var lav før skredhendelsen. Dette støttes av de oppdaterte beregninger vist i Tegning 102-103.

Den mest kritiske glideflaten ved beregninger oppnås ut i fra effektivspenningsanalyser (jf. profil 6a på tegning 102). Glideflaten samsvarer godt med plassering og formen av skredet observert under befaring (dvs. i nærheten av traktorveien). Dette støtter tolkningen om at skredet oppsto som en relativ grunn rotasjon over en lengre periode (dvs. drenerte forhold). For totalspenningsanalyser oppnår man en dyp kritisk glideflate for hele skråningen gjennom kvikkleire.

*Tabell 5 Beregningsresultater for utførte stabilitetsanalyser ved skredområdet på Forset ved Kvål.*

Beregningsprofil	Opprinnelig situasjon	Beskrivelse	Etter sikringstiltak	Forbedring (%)
Profil 6 - Udrenert	1,01	Dyp glideflate gjennom kvikkleire	1,05	4
Profil 6a - Drenert	1,00	Overflateglidning – samsvarer med observert hendelse	1,65	65



### 5.3 Beskrivelse av tiltak

Skråningen hvor skredet har gått hadde i utgangspunktet dårlig stabilitet og skredet har ført til en forverring. Skredfoten er i nærheten av kvikkleirelaget. Det er derfor viktig med sikringstiltak for å hindre at skredet utvikler seg til et større kvikkleireskred, og for å sikre eksisterende bebyggelse.

Metoden som er enklest, raskest og rimeligst for å sikre området er å etablere en motfylling i foten av skråningen og oppover. Likevektsforholdene i skråningen blir da bedre, og sikkerheten mot skred vil øke.

Stabilitetsberegninger viser at en støttefylling (sprengstein) opp til ca. 5 m tykkelse vil bidra til tilstrekkelig stabilitet i profil 6 og 6a; jf. tegning 102-103. Utstrekningen av støttefyllingen er vist på tegning 013 og 104 (plan og snitt). Volumet av motfyllingen anslås til ca. 8,500 m<sup>3</sup>. Støttefyllingen en stigning på 1:3 helt opp, bortsett fra området hvor veien krysses.

Videre anbefales det avlastning på begge sider av øvre skredkant, jf. bilde på Figur 2, samt tegning 013 og 104. Her er det tidligere fylt ut for å etablere flate plasser noe som har bidratt til å svekke stabiliteten. De bratte fyllingsskråningene slakes ut ved å fjerne kanten av de flate plassene. Volumet anslås til 200-250 m<sup>3</sup> (tilsammen).

## 6 Krav til utførelse

Arbeidet må legges opp slik at det oppnås en gradvis forbedring av stabiliteten gjennom hele anleggstiden.

Følgende tiltaksrekkefølge må følges:

1. Ved skråningsfoten fylles først eksisterende drengroft inn mot skråningen med sprengstein/pukk. Støttefyllingen legges ut lagvis med tykkelse om lag 1,0 meter. Der terrenget har hevet seg legges steinfyllingen direkte på matjorda.
2. På flata kan matjorda tas av seksjonsvis og erstattes med sprengstein/pukk umiddelbart.
3. Skogrydding og avtaking av vegetasjonsdekket gjøres seksjonsvis etter hvert som arbeidet går fram og stubber/vegetasjonsdekket erstattes umiddelbart med sprengstein. Samtidig oppbygging av motfylling nedenfra og oppover.
4. Steinlaget avsluttes ca. 30 cm under prosjektert høyde med unntak av nederste delen på flata. Den resterende fyllingen (et lag på ca. 30 cm) utgjøres av avdekkingsmasser, vegetasjonsmasse og røtter for å få tilbake vegetasjonen.
5. Det kan mellomlagres avdekkingsmasse i framkant av fyllingen - på dyrkamarka til en høyde opp til 2 m.
6. Avslutning av støttefyllingen mot eksisterende terreng i begge ender må tilpasses etter hvert som arbeidet går framover.

7. Eksisterende overvannsledning legges om over en strekning på ca. 50 meter og legges i framkant av fyllingen. Eksisterende ledning får ligge og kobles sammen med kum med kuppelkrist på ledningsstrekket som går mot elva. Det reetableres ny grøft i framkant av fyllinga med fall mot denne kummen. Dette arbeidet utføres etter at første floa er lagt. Det må graves seksjonsvis, én rørlengde av gangen (ca. 6 m), og fylles tilbake umiddelbart.
8. Nedplanering med gravemaskin i øst og i vest mot Solheimsvegen gjøres mot slutten av arbeidet når dette anses forsvarlig (mtp. høydeforskjell, helning, og værforhold)
9. Etablere drengrofter, skråningsdren, plastringer etc. for å unngå overflateerosjon i tiltaksområdet.

Ettersom tiltakene utføres i et område med dårlig stabilitet, skal ikke massene (sprengstein) mellomlagres.

## 7 Overvåkning

- Inntil videre skal Melhus kommune og NVE befare området daglig for å kontrollere om det oppstår nye bevegelser i området som har glidd ut. Det er satt opp siktelinjer for å lettere kunne se eventuelle terrengendringer, jf. kap. 2. Evakuering vurderes fortløpende ved tegn til at raset begynner å utvikle seg videre. Melhus kommune har utarbeidet en evakueringsplan som kan iverksettes på kort varsel. Evakueringskart er vist på tegning 012.
- Det er installert poretrykksmålere med fjernovervåkning som også vil kunne gi indikasjoner dersom stabilitetsforholdene skulle forverre seg. NVE og NGI må gjøre avtale om hvem som skal ha ansvaret for den daglige oppfølgingen.
- Værutsiktene framover må vurderes nøye. Ekstra årvåkenhet kreves dersom det varsles mye regn.

De ulike overvåkningsaktivitetene må koordineres av NVE.

## 8 Oppsummering

Et mindre område har glidd ut i en 40-50 meter høy skråning på Kvål. Skråningen ligger i kvikkleiresone 449 Forset, og det er tidligere utført stabilitetsanalyser som viser lav sikkerhet.

I etterkant av hendelsen har NGI vurdert situasjonen fortløpende i samråd med NVE og Melhus kommune. Det anbefales å etablere en motfylling i foten av skråningen for å unngå at utglidningen utvikler seg videre til å bli et stort skred. En motfylling på ca. 8

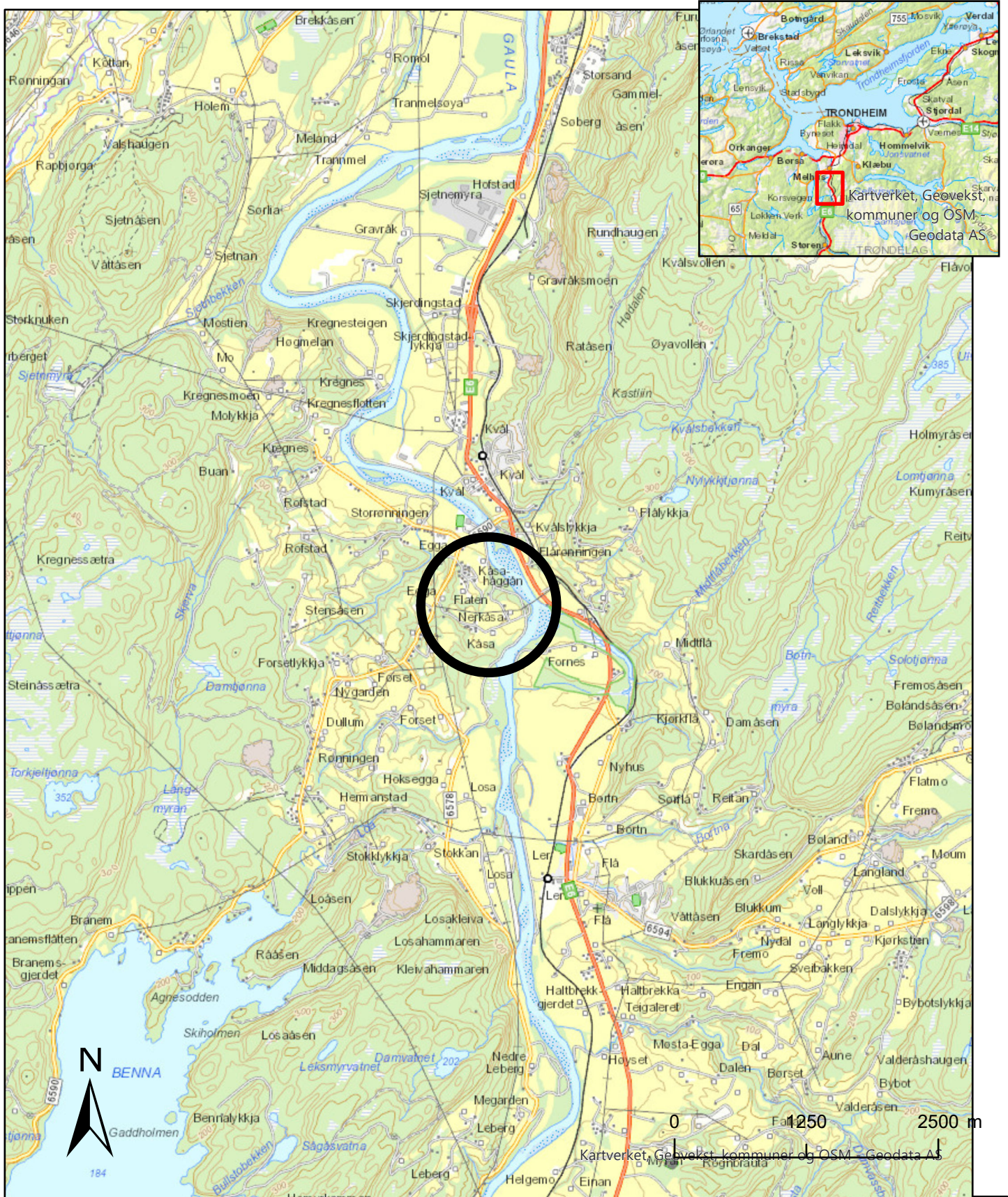
500 m<sup>3</sup> gir akseptabel lokalstabilitet samtidig som områdestabiliteten forbedres med 4-5%. Dette er i tråd med vanlig praksis for sikring av eksisterende bebyggelse.

Inntil sikringstiltaket er på plass må området overvåkes med befaring og fjernavlesning av poretrykksmålere. Værutsiktene må følges kontinuerlig og disse aktivitetene må koordineres. Evakueringsplan er utarbeidet, og den kan iverksettes på kort varsel dersom det skulle oppstå en uønsket situasjon.

## 9 Referanser

1. NGI (2011) E6 Håggåtunnelen – Skjæringstad. Vurdering av skråningsstabilitet ved kvikkleiresone Kvål og Forset. Rapport nr. 20101052-00-4-R, rev nr. 1 juli 2012. .
2. Multiconsult (2015) E6 Skjæringstad – Røskaft. Vurdering områdestabilitet kvikkleiresone Forset. Notat nr. 416746-RIG-RAP-009.
3. Scandiaconsult (2014) Grunnundersøkelse. Generell geoteknisk vurdering. Rapport nr. 630353A-01.
4. NGI (2011) E6 Håggåtunnelen – Skjæringstad. Grunnundersøkelser – data rapport. Rapport nr. 20101052-00-3-R.
5. Multiconsult (2015) E6 Skjæringstad – Røskaft. Vurdering av områdestabilitet ved Forset. Notat nr. 416746-RIG-NOT-004
6. DIBK (2017) Byggeteknisk forskrift (TEK17)
7. DIBK (2010) Saksforskriften (SAK10) <https://dibk.no/byggeregler/sak/3/9/9-4/>.
8. NVE (2014) NVE veileder 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.
9. NS-EN1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler
10. NS-EN1997-2:2007+NA:2008 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver



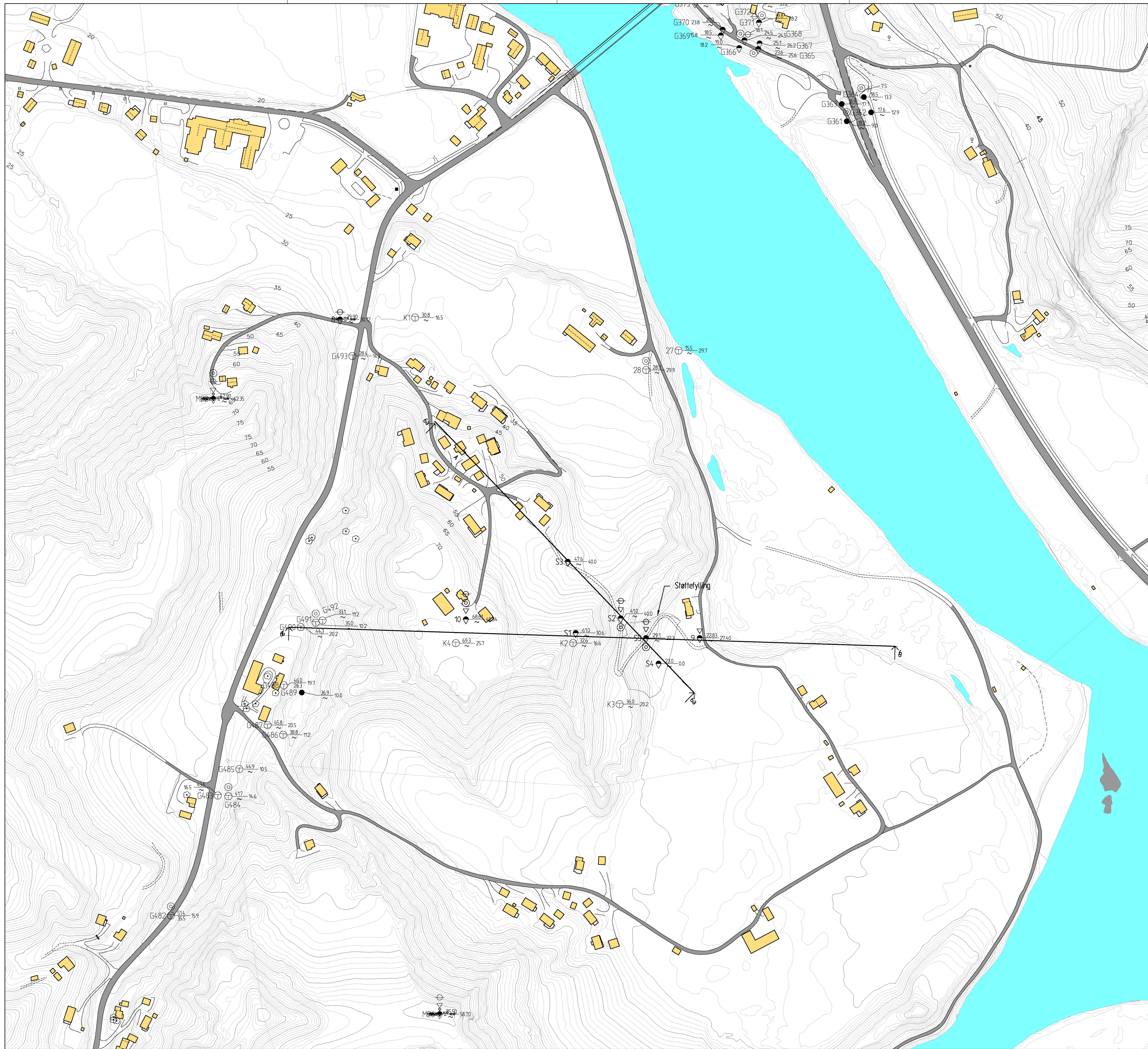


## Tegnforklaring

## Forset, Kvål - utglidning Oversiktskart

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2020-05-08	RMo	JSL	JSL
Original format og målestokk	Kartprojeksjon		
A4 1:50 000	ETRS 1989 UTM Zone 33N		
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20200375	001	0	
<b>NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT</b> Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			
			





**FORKLARINGER:**

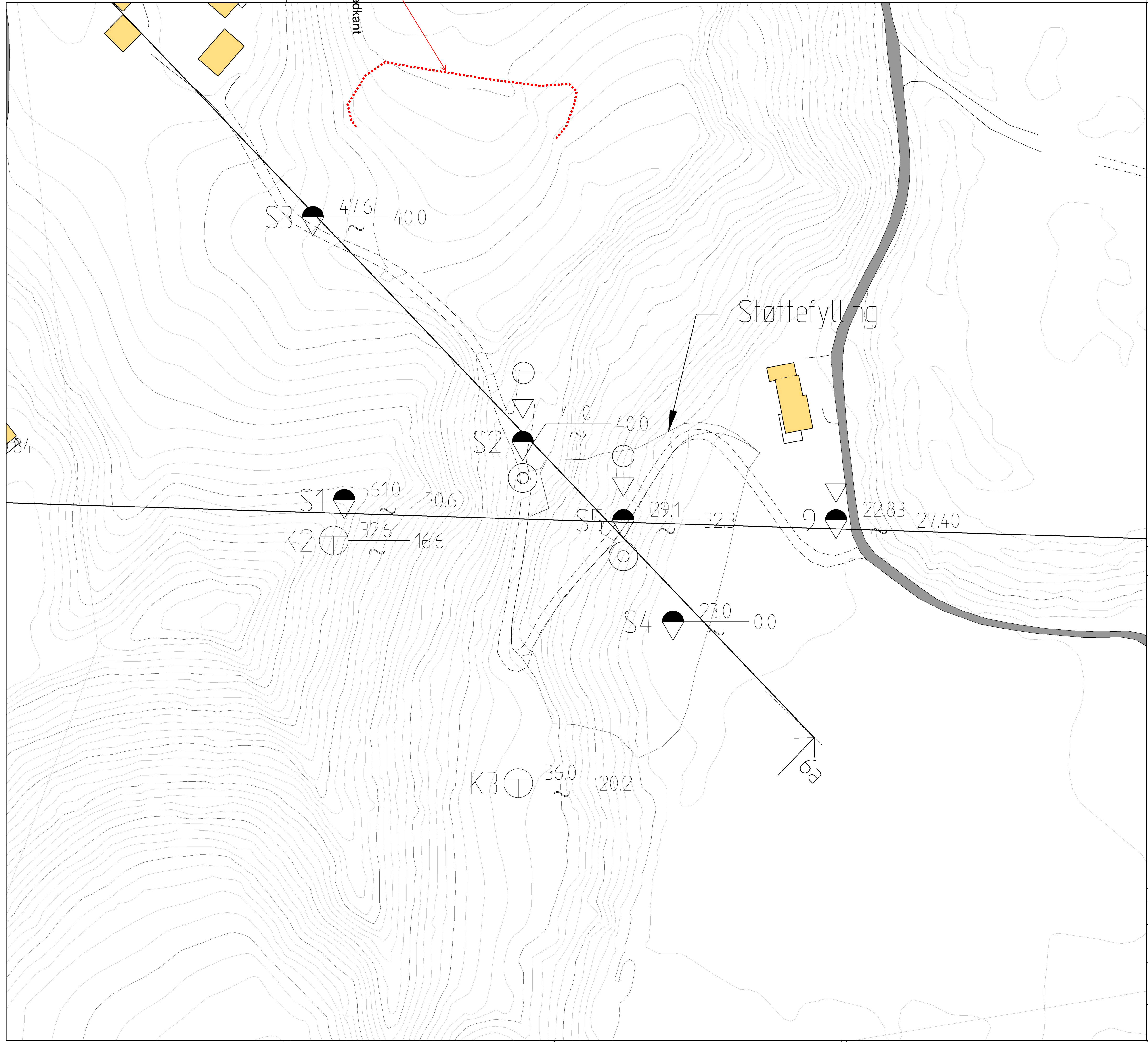
- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr.     $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$     Boret dybde + (boret i fjell)

Føringstittel	Føringssnr.	Rev.
---------------	-------------	------

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Code
<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status			
Oversikt grunnboringer		Original format A-1			
		Tegningsnavn Borplan.dwg			
		Skala			
		12000 (A1)		14000 (A3)	
NGI					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 07.05.20	Kontroll / Eget RMe	Kontrollert VG	Godkjent JSL
		Oppdragssnr. 20200375	Føringssnr. 010	Rev. 0	





**FORKLARINGER:**

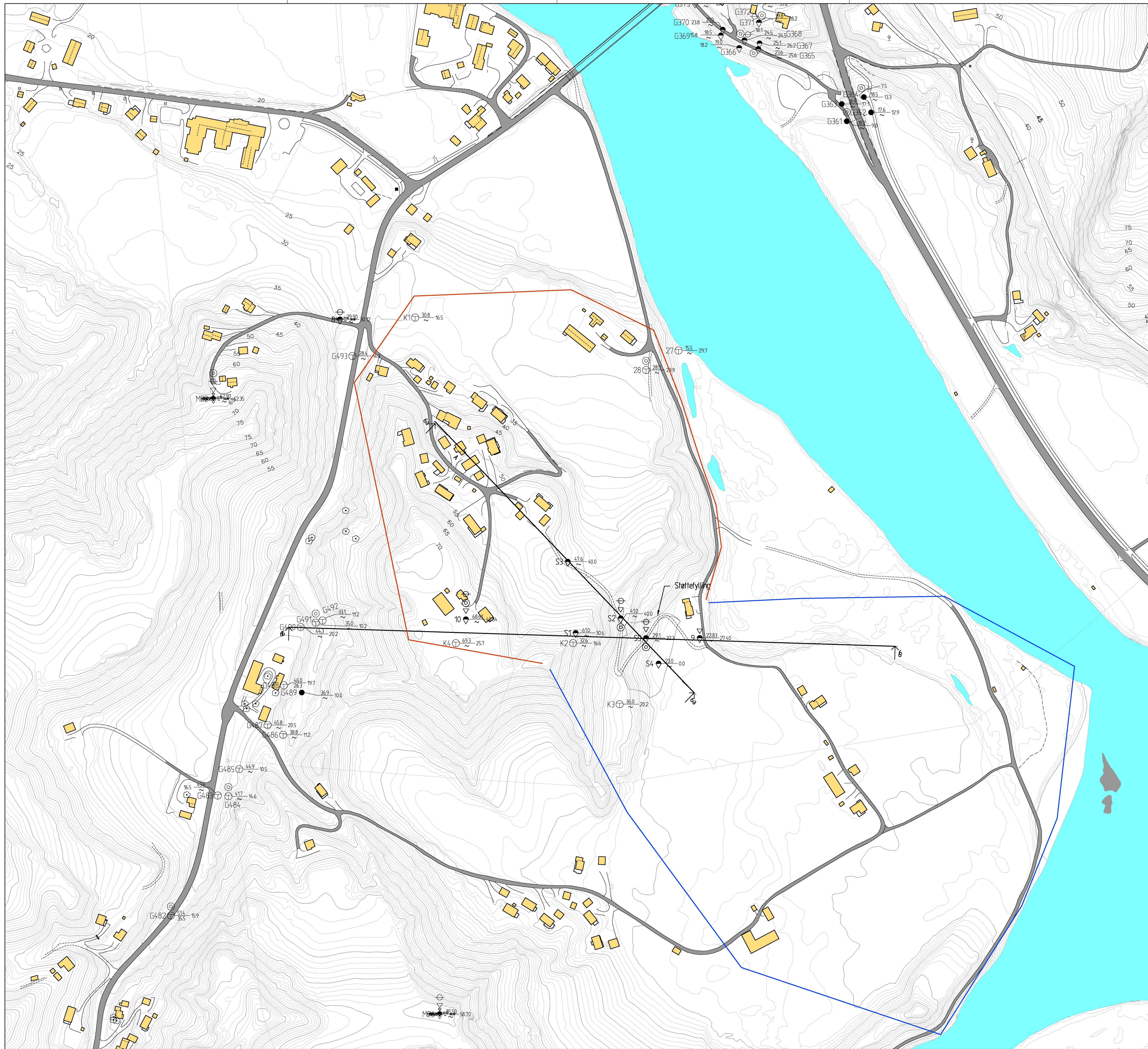
- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

Revisjon	Revisjon	Revisjon
----------	----------	----------

<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status Original format A-1 Tegningsnavn Borplan.dwg Prosjekt 1500 (A1) 1:1000 (A3)		
Situasjonsplan med grunnboringer		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevåli Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		
Dato 07.05.20	Kontroll / Tegnet RMe	Kontrollert VG	Godkjent JSL	Rev. 0
Oppdragsnr. 20200375	Tegningsnr. 011			





**FORKLARINGER:**

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

- Evakueringssone - område som kan rase ut
- Evakueringssone - skredutløp

Føringstittel	Føringssnr	Rev
---------------	------------	-----

Rev. Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontroll	Code
------------------	------	-------	----------	------

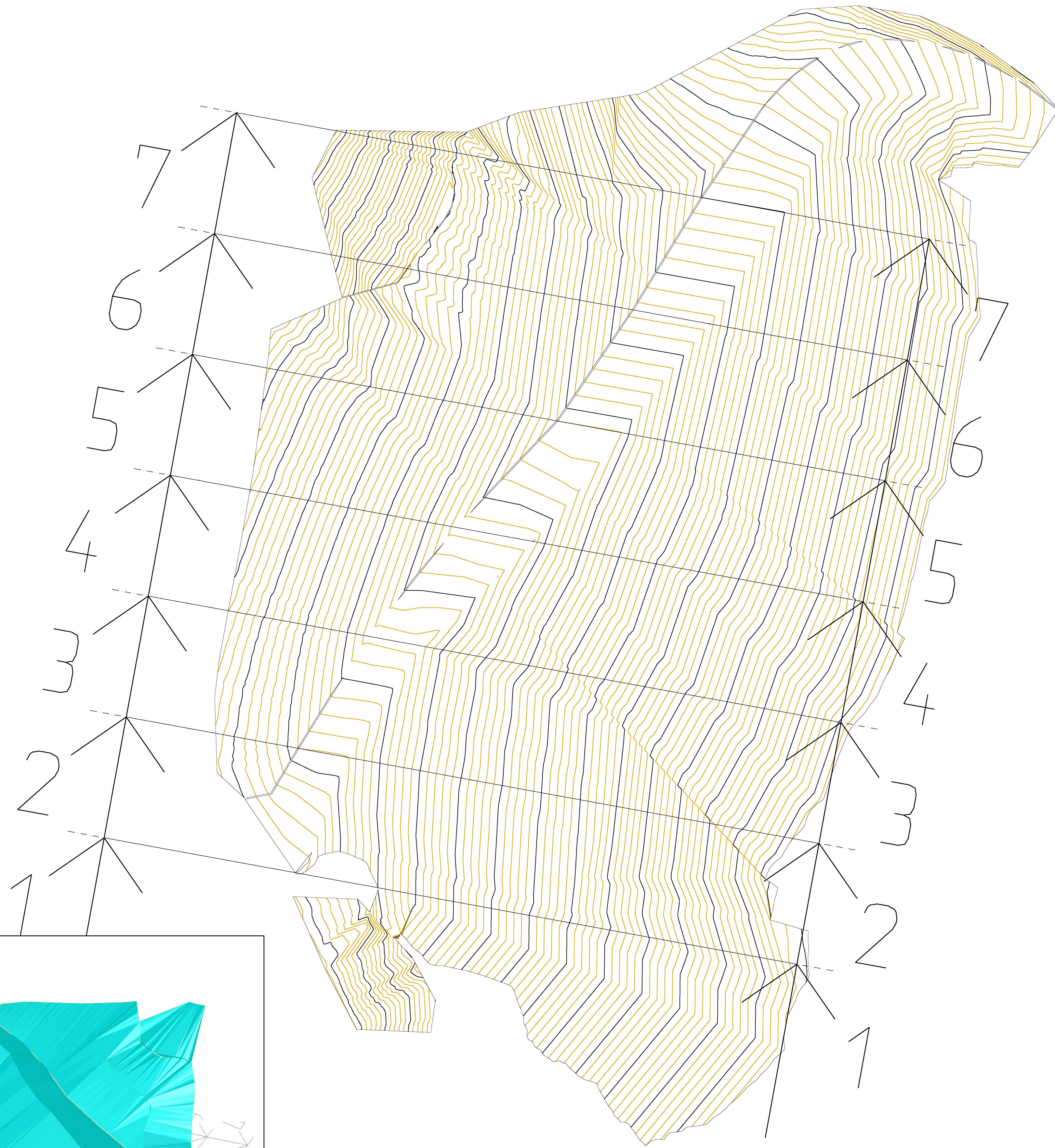
<p><b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b></p> <p>Evakueringsskart</p>	<p>Status</p> <p>Original format</p> <p>A-1</p> <p>Tegningsnavn: Utvæn</p> <p>Borplan m-tiltak.dwg</p> <p>Prosjekt</p>
---	--

<p>NGI</p> <p>Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion</p> <p>NO-0806 Oslo, Norway</p> <p>T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48</p> <p>www.ngi.no</p>	<p>Dato</p> <p>25.04.2020</p>	<p>Kontroll / Egnet</p> <p>RMo</p>	<p>Kontrollert</p> <p>VG</p>	<p>Godkjent</p> <p>JSL</p>	<p>Rev</p> <p>0</p>
<p>Oppdragsnr</p> <p>20200375</p>		<p>Føringssnr</p> <p>012</p>		<p>Code</p> <p>0</p>	

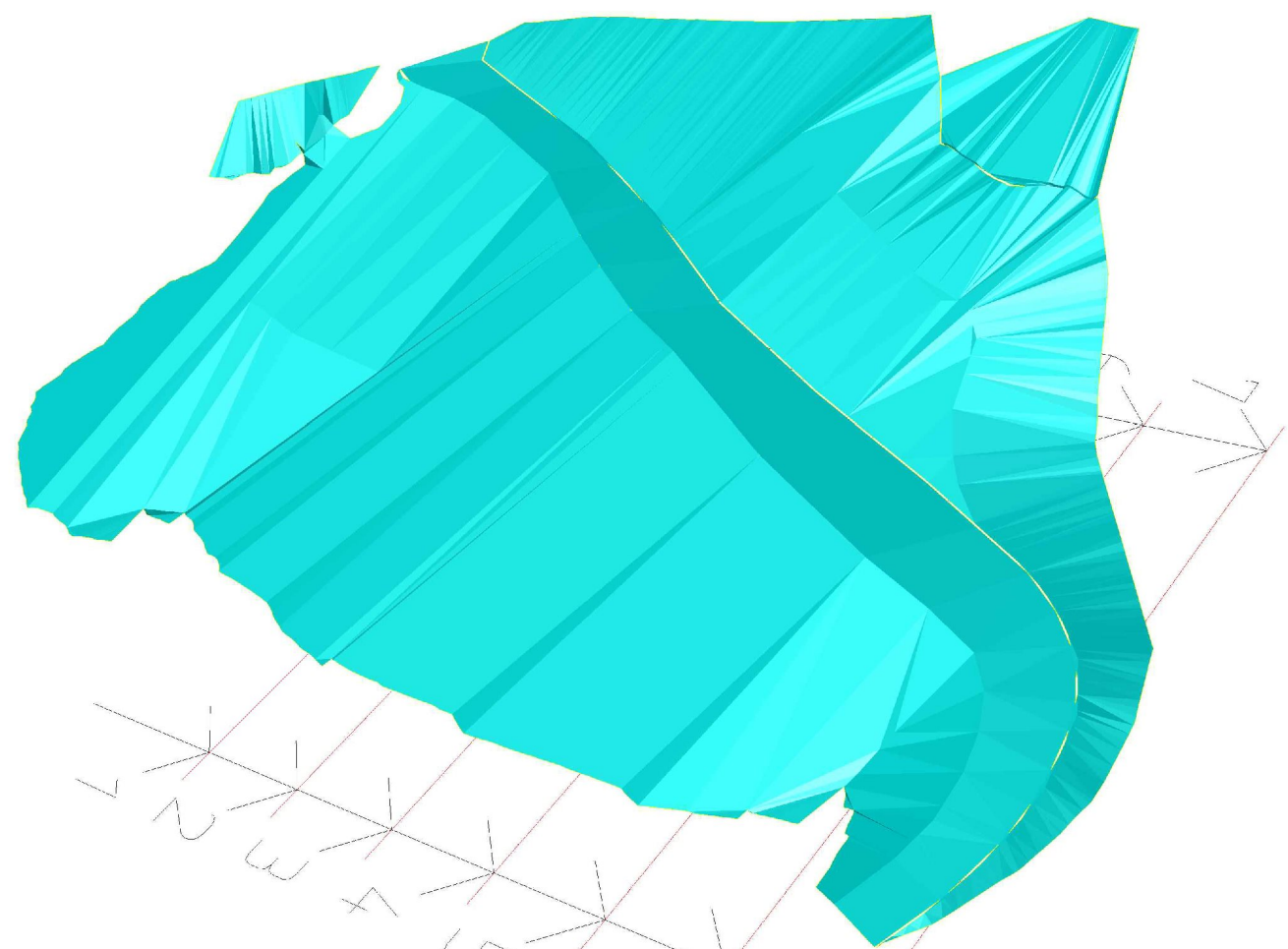




PLAN:



PERSPEKTIV:



HENVISNINGER:

Tegning 104 Prosjektert motfylling (snitt 1-6)

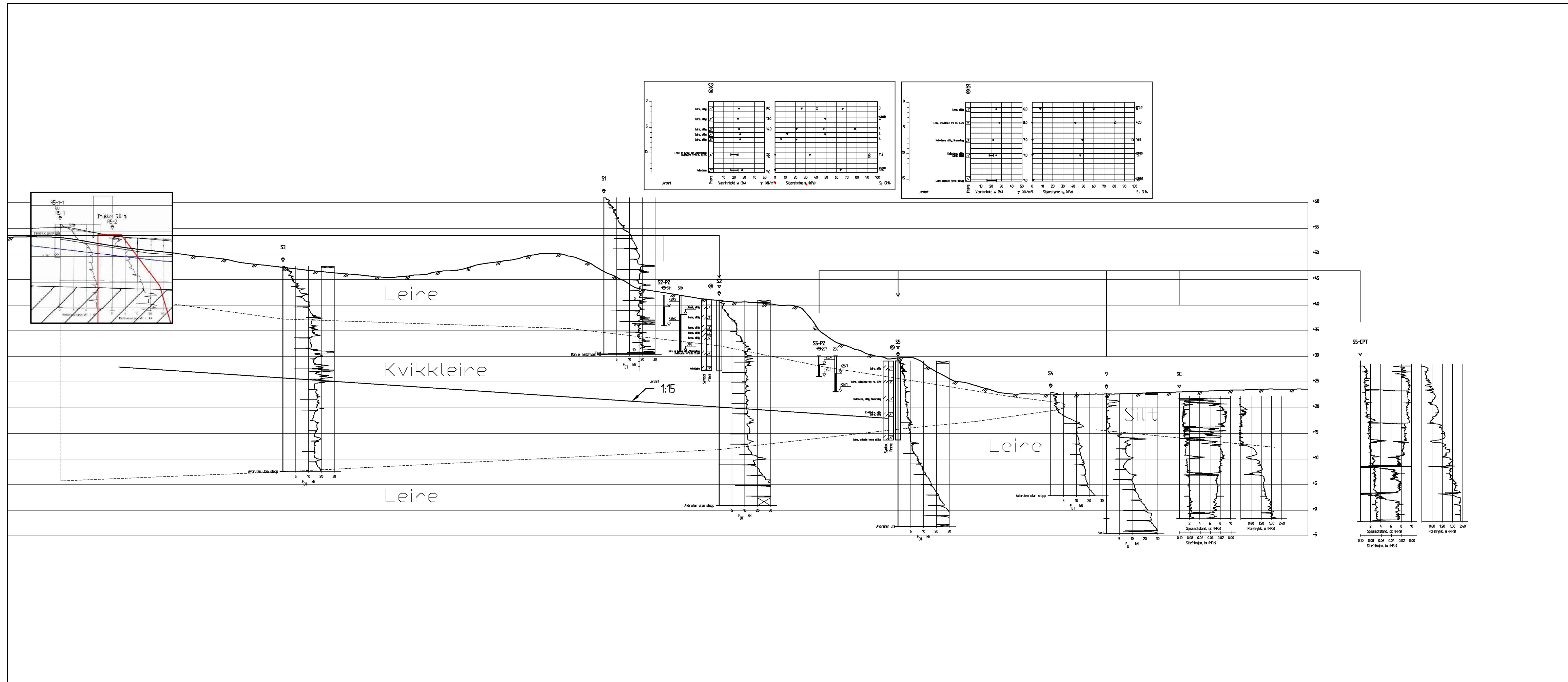
Tegningsstille	Tegningssj	Rev
----------------	------------	-----


Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontroll	Godkj
-----	-------------	------	------	----------	-------

<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status
Situasjonskart - Prosjektert motfylling		Original format A-1
		Tegningsstille LandXML v2
		Blåstak
		1200 (A1) 1400 (A3)
		<b>NGI</b>

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.05.20	Kontroll / Tegnet RMo	Kontrollert VG	Godkjent JSL
Oppdragsnr 20200375	Tegningssj 013	Rev 0		

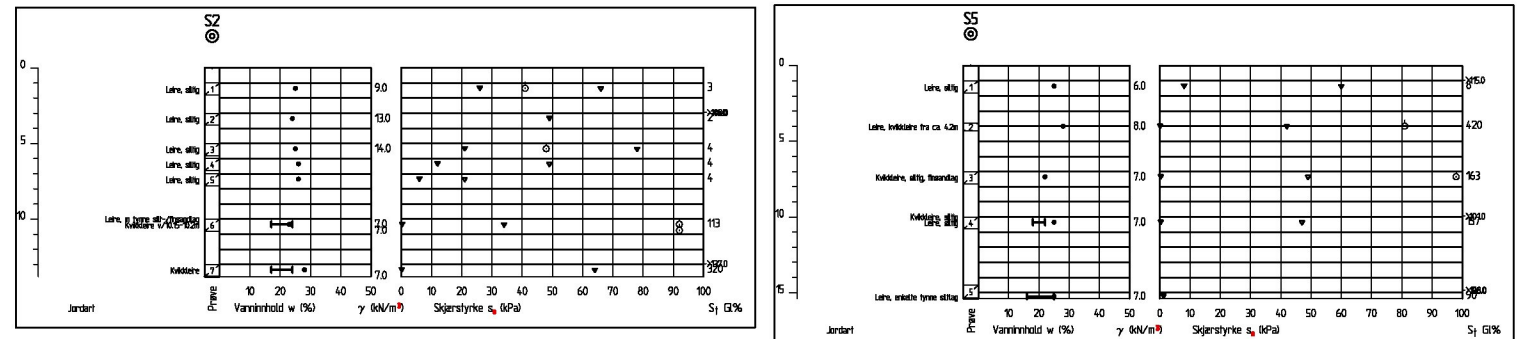
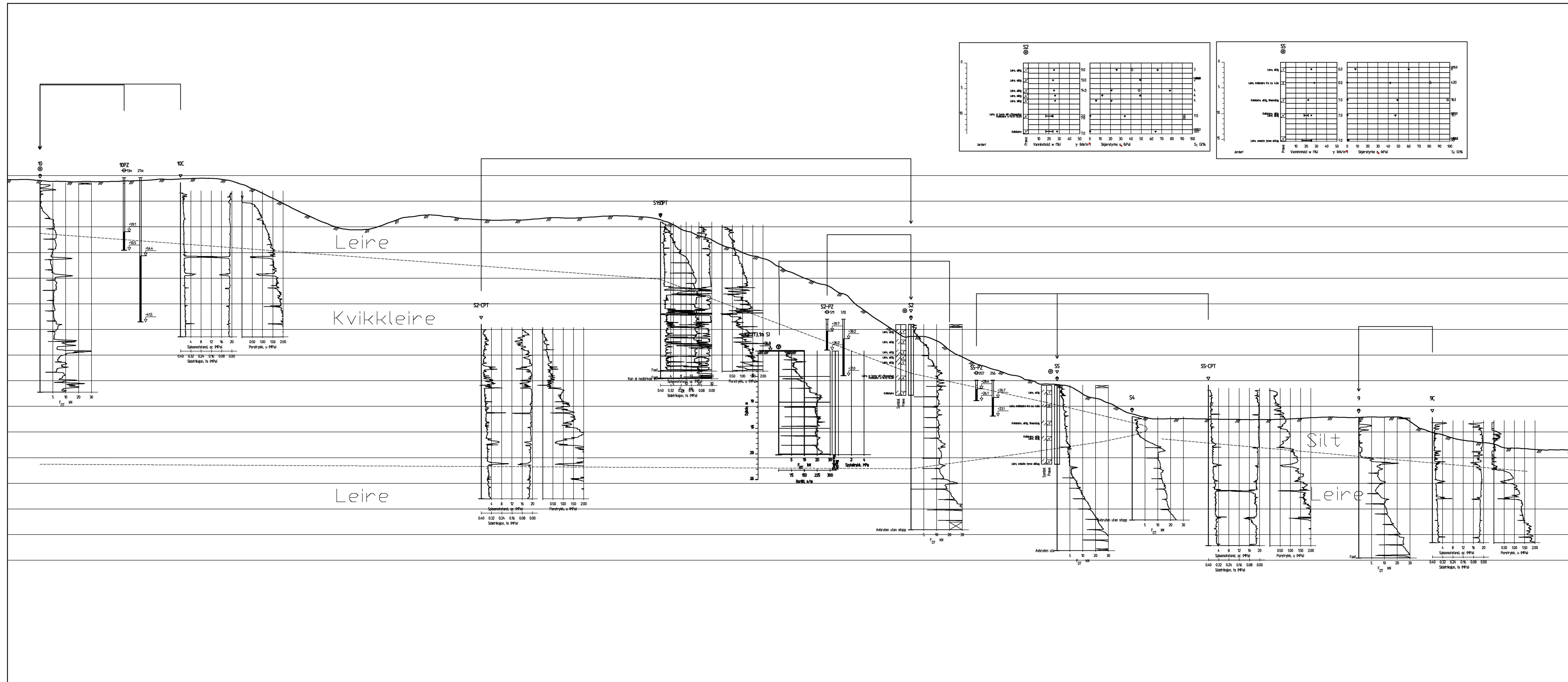




**FORKLARINGER:**

- Dreiesondering      ☆ Fjellkontrollboring      ⊙ Prøveserie      ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering      ⬇ Dreietrykkssondering      □ Prøvegrop      ⚡ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering      ⊕ Totalsondering      + Vingeboring
- ┆ Boring avsluttet      ┆ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ┆ Antatt fjell, berg      xxx Boret i fjell
- Antatt fjellførsløp

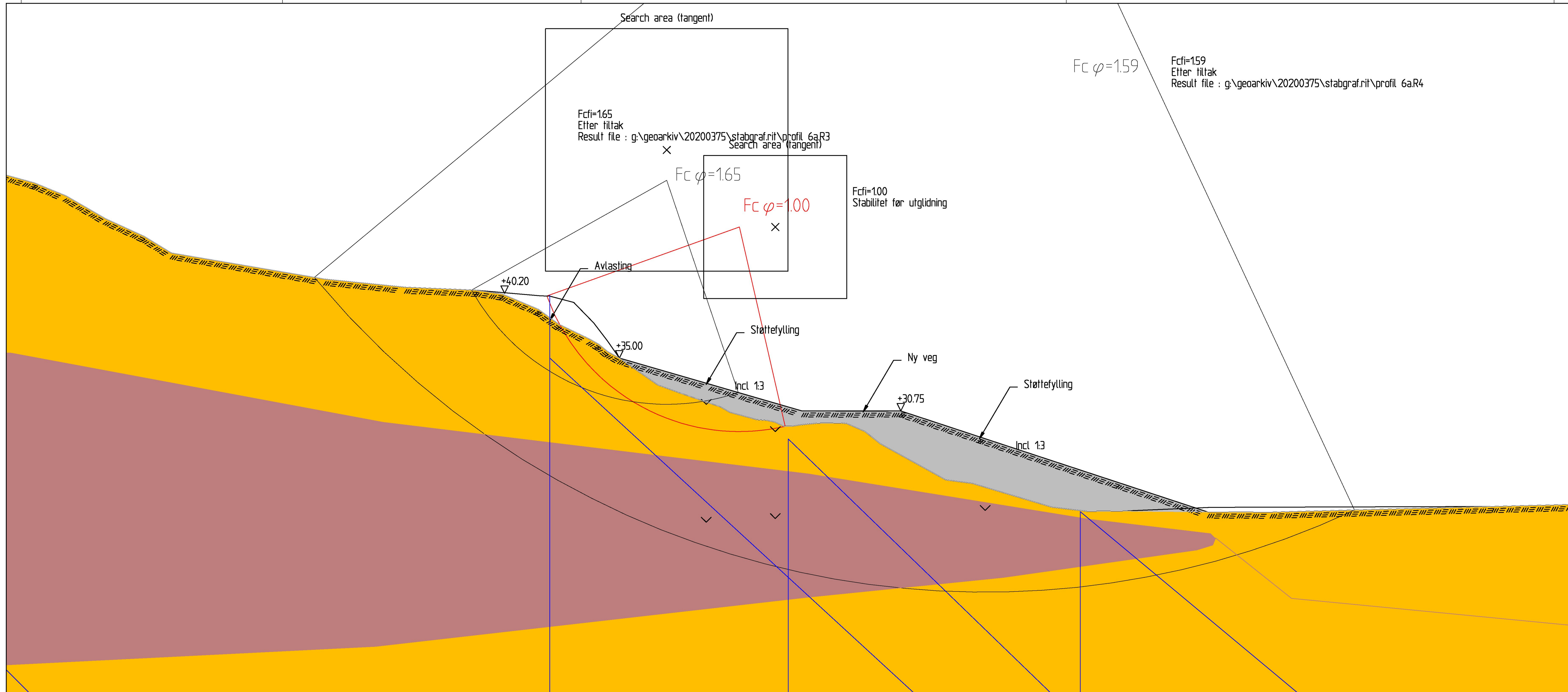
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status			
		Original format			
		A-3L			
		Tegningens filnavn			
		G:\geoteknisk\20101052\AUTOGRAF\ITV\Profil 6.dwg			
Profil 6a Lagdelling		Målestokk <b>1500</b>			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2020-04-25	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert VG	Godkjent JSL
		Oppdragsnr. <b>20200375</b>	Tegningsnr. <b>100</b>	Rev. <b>0</b>	



**FORKLARINGER:**

- Dreiesondering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ┆ Boring avsluttet
- ┆ Antatt fjell, berg
- xxx
- ⊗ Fjellkontrollboring
- ◊ Dreitrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Vingeoring
- ⊕ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeoring
- ┆ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ┆ Boret i fjell
- Antatt fjellforløp
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>					Status
Profil 6 Lagdelling					Original format A-3L Tegningens filnavn G:\geoteknik\2010\52\AUTOGRAF\ITV\Profil 6.dwg Målestokk 1500
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 2020-05-07 Oppdragsnr. 20200375	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 101	Kontrollert VG Godkjent JSL	Godkjent JSL Rev. 0



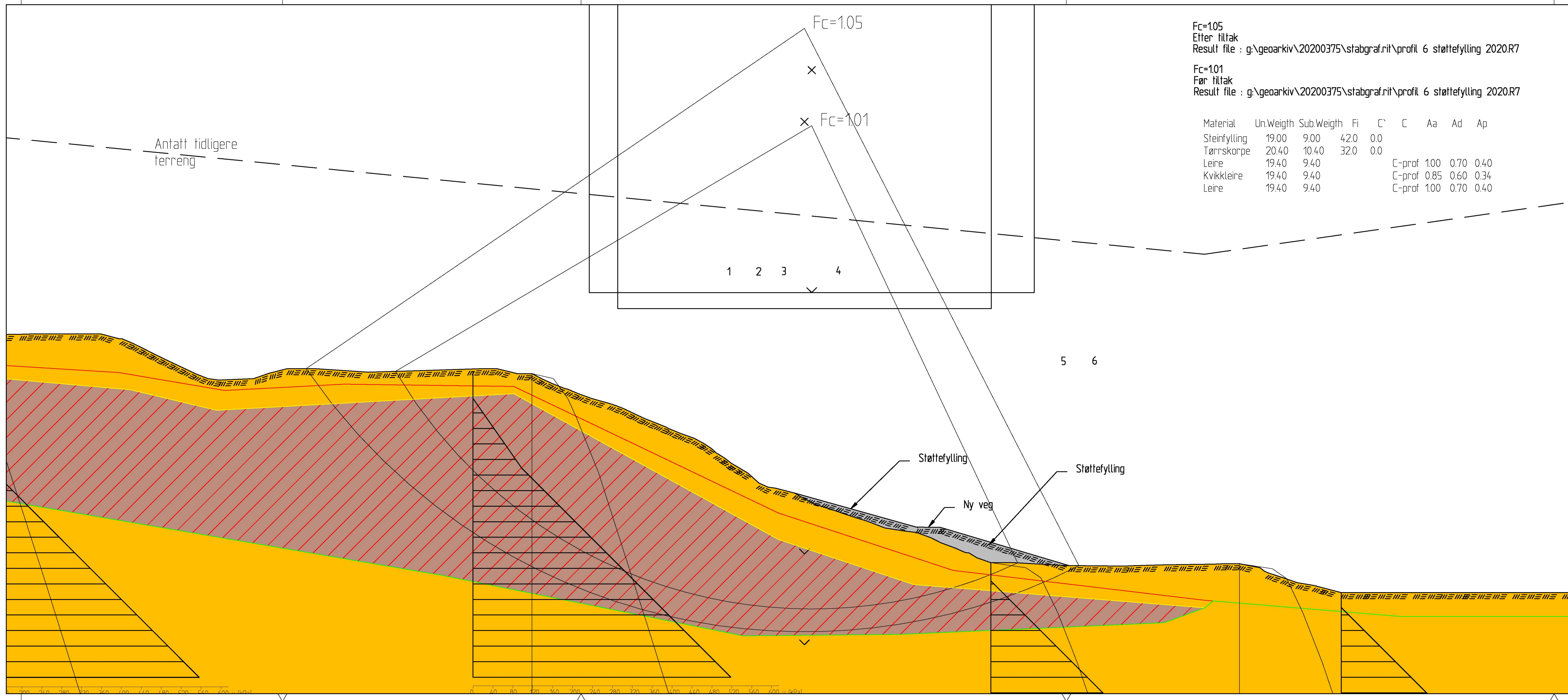
FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status			
Stabilitet i profil 6a Effektivspenningsanalyse Situasjon før utglidning og etter tiltak		Original format A-3L Tegningens filnavn profil_6A.dwg		Målestokk 1:200	
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 30.04.2020	Konstr./Tegnet RMo	Kontrollert VG	Godkjent JSL
Oppdragsnr. 20200375		Tegningsnr. 102		Rev. 0	





Fc=1.05  
Etter tiltak  
Result file : g:\geoarkiv\20200375\stabgraf.rvt\profil 6 støttefylling 2020.R7

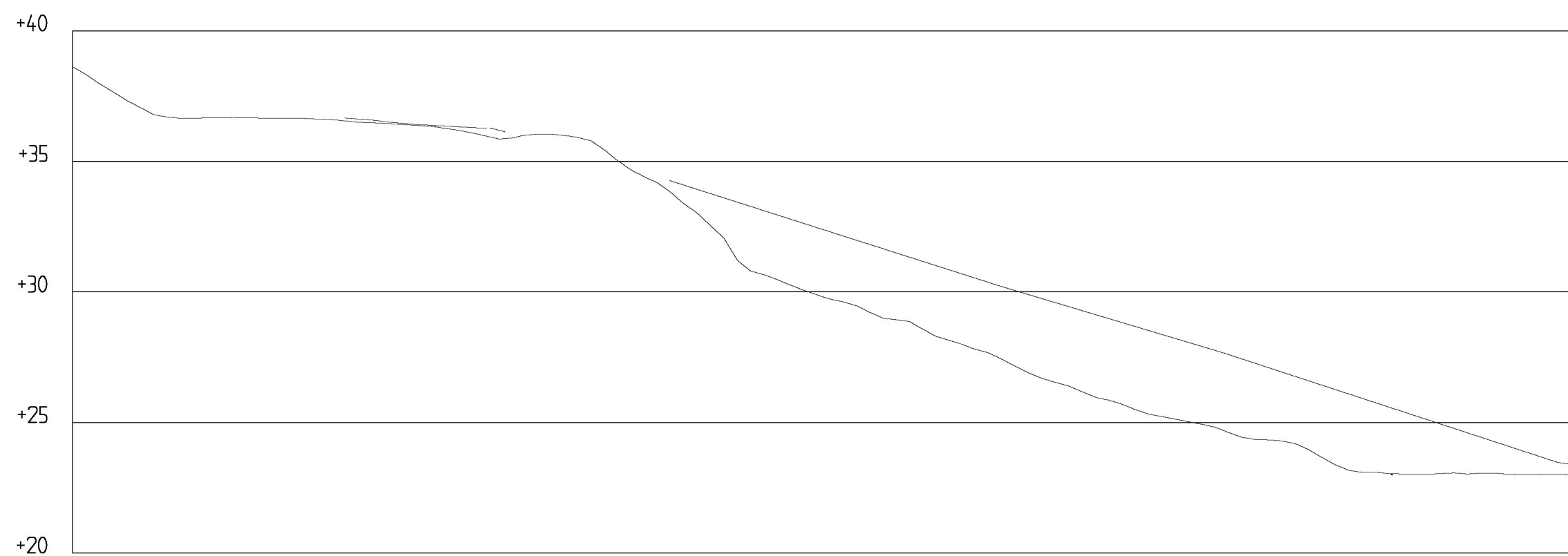
Fc=1.01  
Før tiltak  
Result file : g:\geoarkiv\20200375\stabgraf.rvt\profil 6 støttefylling 2020.R7

FORKLARINGER:

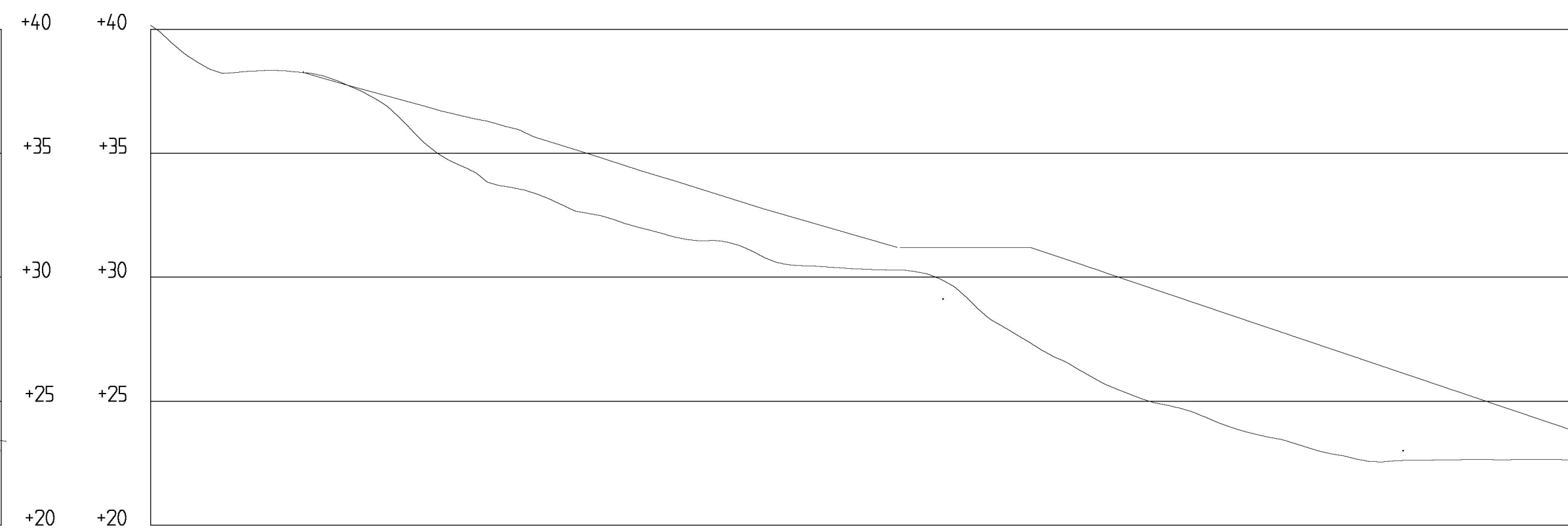
BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

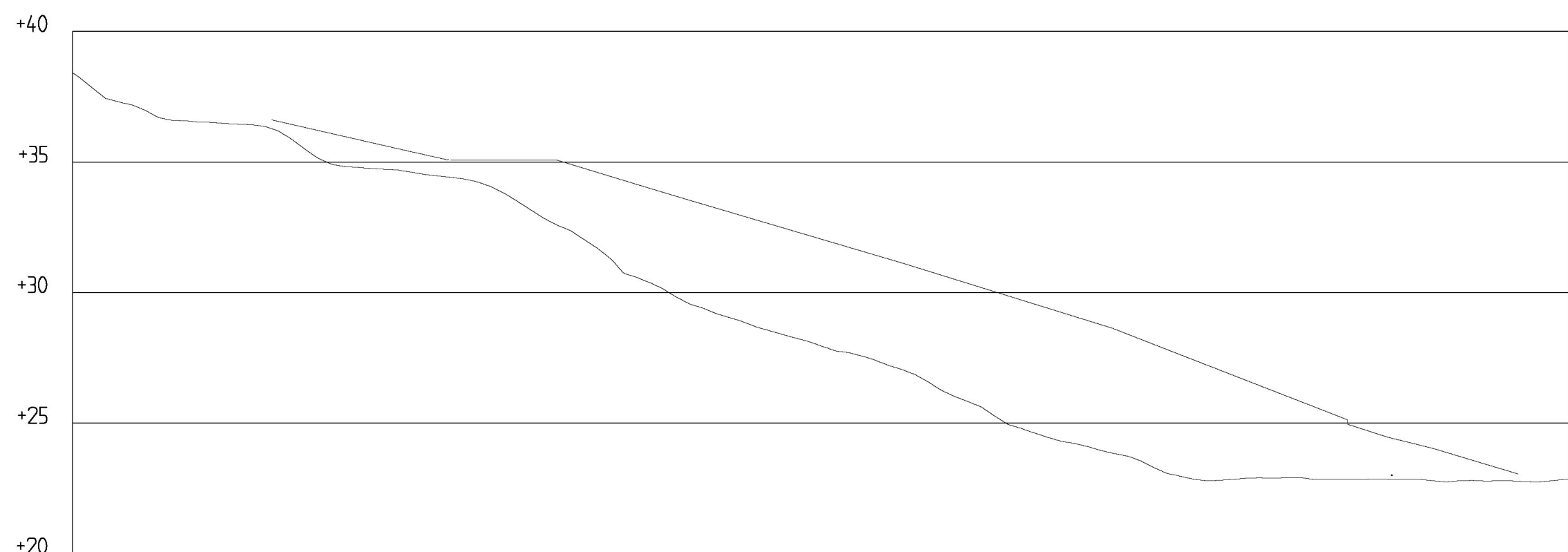
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status			
Stabilitet i profil 6 Totalspenningsanalyse Situasjon før utglidning og etter tiltak Stabilitetsprofil fra prosjekt 20101052		Original format A-3L Tegningens filnavn profil 6A.dwg Målestokk 1:200			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 30.04.2020	Oppdragsnr. 20200375	Konstr./Tegnet RMo Tegningsnr. 103	Kontrollert VG Godkjent JSL



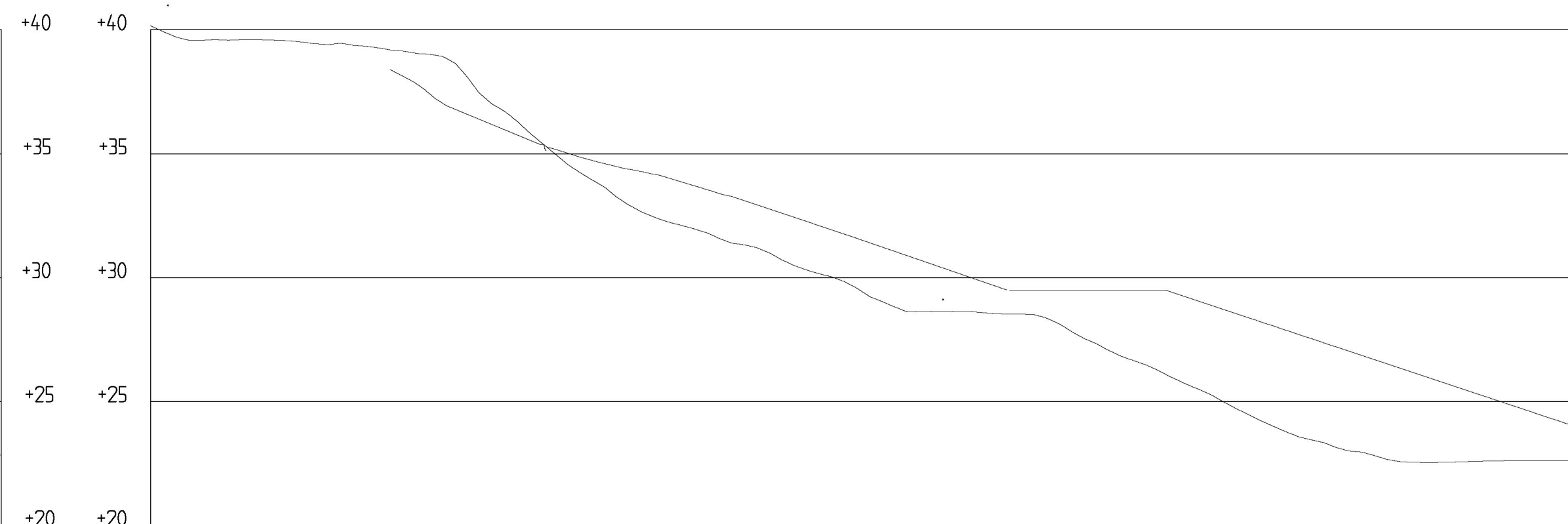
Profil 1-1  
1: 200



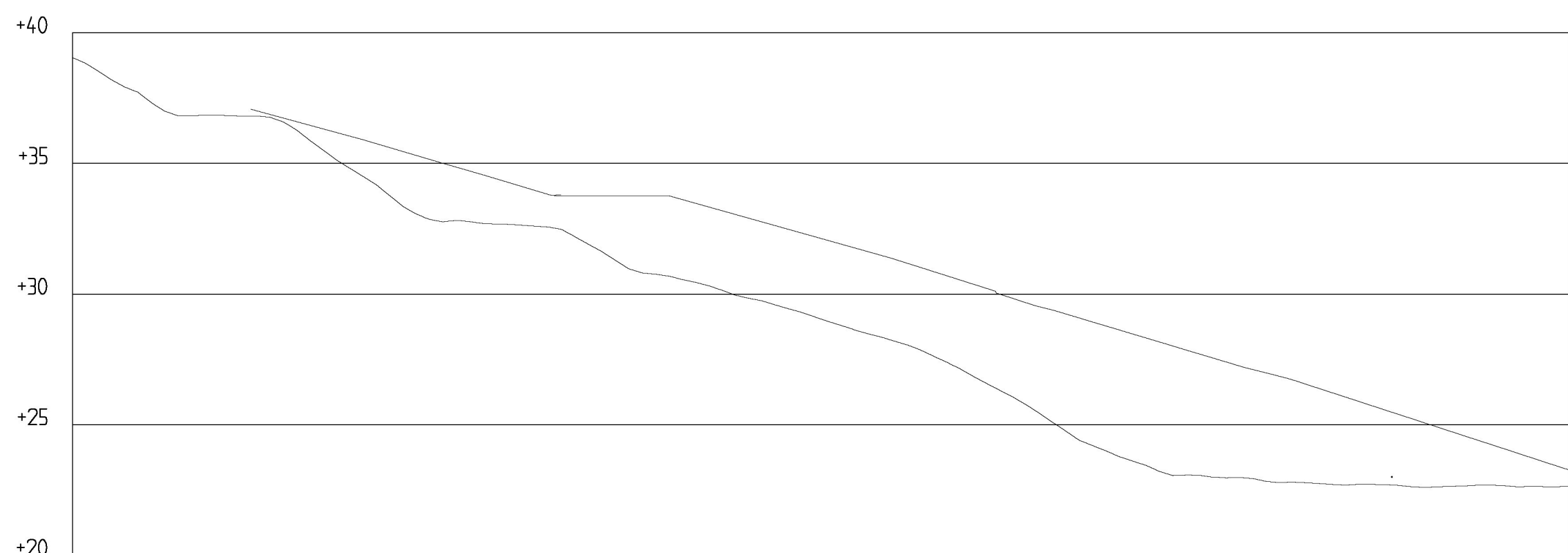
Profil 5-5  
1: 200



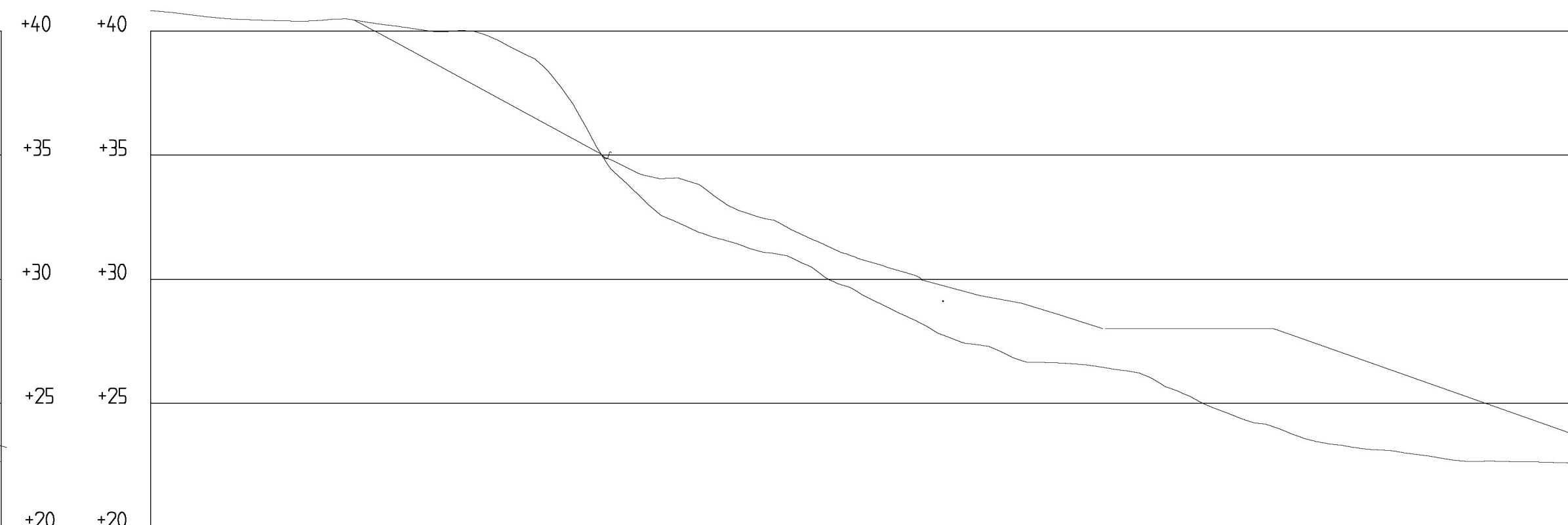
Profil 2-2  
1: 200



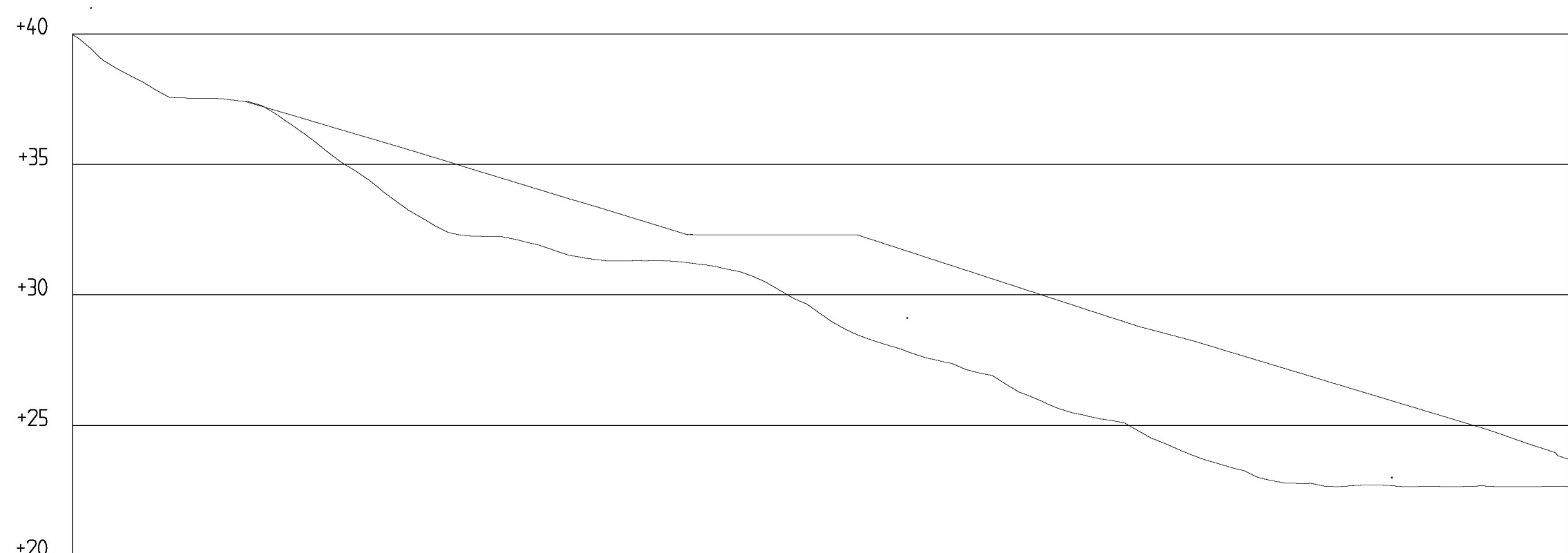
Profil 6-6  
1: 200



Profil 3-3  
1: 200



Profil 7-7  
1: 200



Profil 4-4  
1: 200

HENVISNINGER:

Tegning 013 Situasjonskart - prosjektert motfylling (viser beliggenhet av snitt)

Tegningstittel	Tegningsnr.	Rev.
----------------	-------------	------

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontrollert	Godkjent

<p><b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b></p> <p>Original format A-1 Tegningsno. tilsvarende Snitt 1-7 v2</p>		
<p>Snitt - prosjektert motfylling</p>		

<p>NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no</p>	<p>Dato 07.05.20</p>	<p>Kontrollert / Tegnet RMa</p>	<p>Kontrollert VG</p>	<p>Godkjent JSL</p>
<p>Oppdragsnr. 20200375</p>	<p>Tegningsnr. 104</p>	<p>Rev. 0</p>		

# Vedlegg A

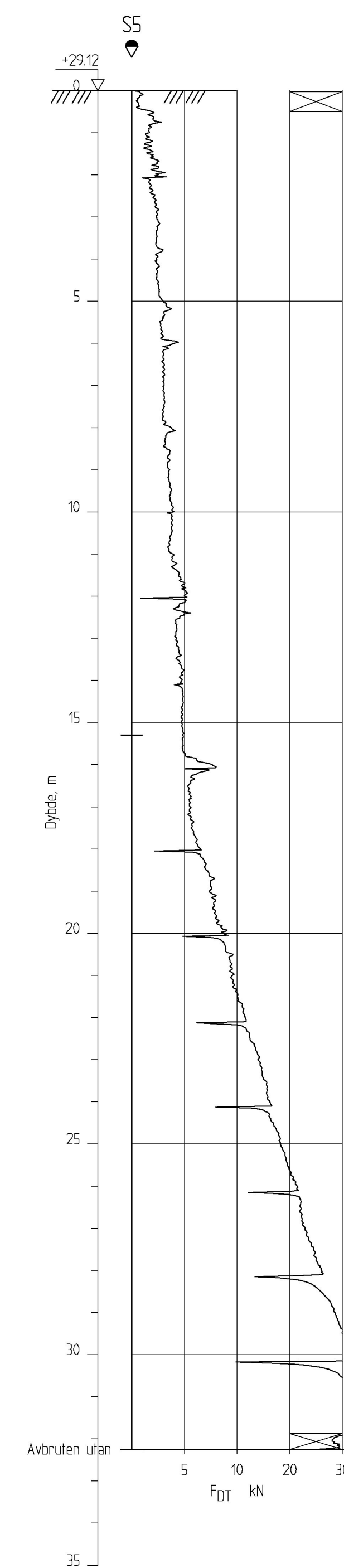
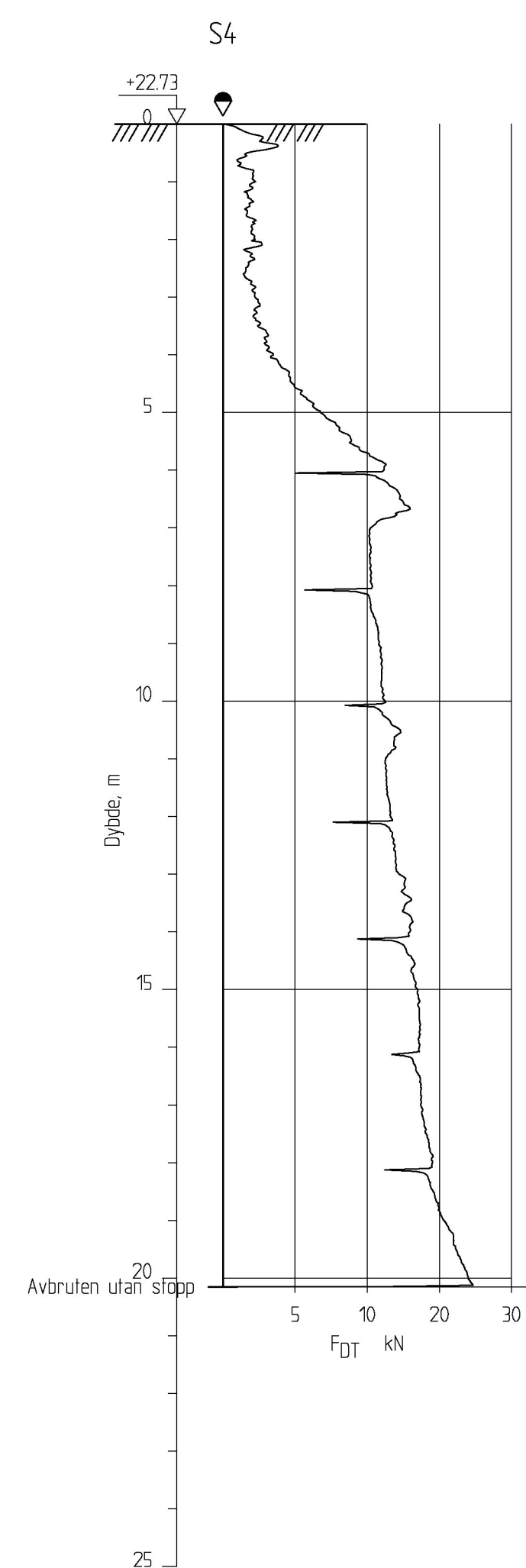
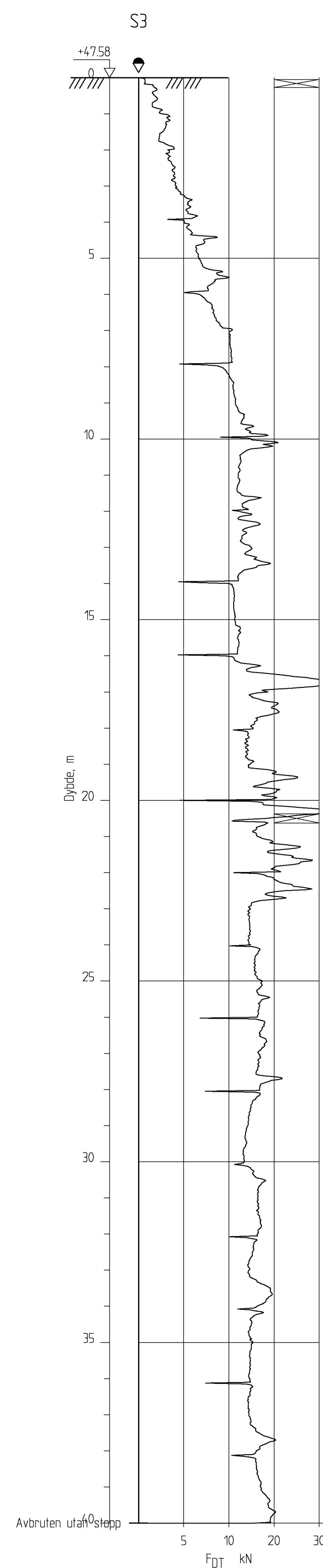
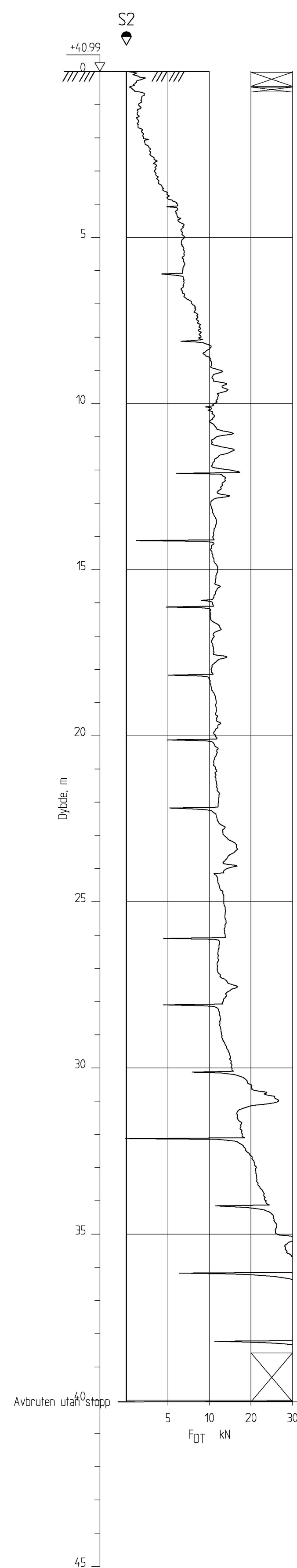
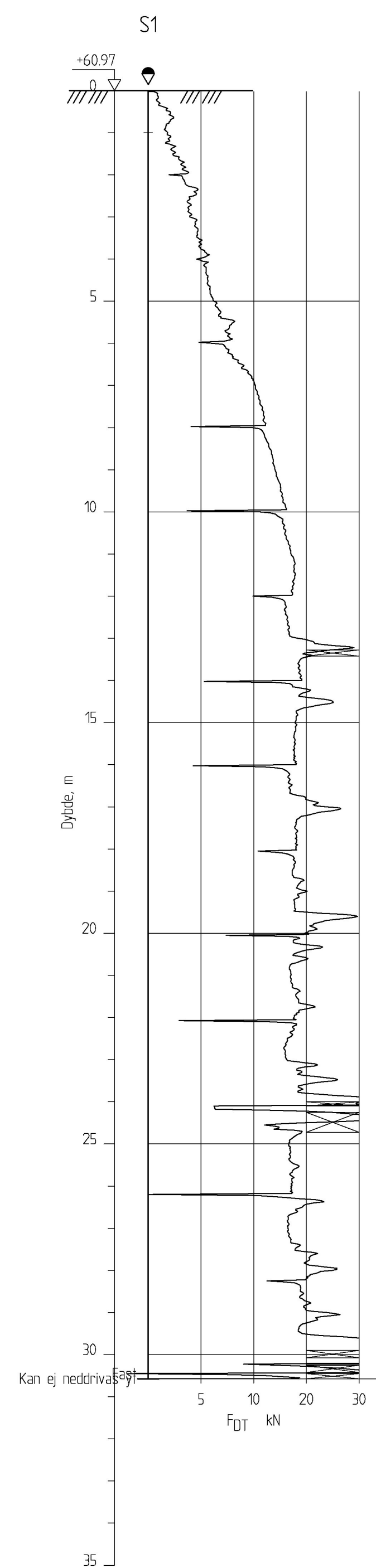
## DREIETRYKKSONDERINGER

### Tegninger

Vedlegg A

Dreietrykksonderinger





FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Teckningstitel	Teckningssk	Rev
----------------	-------------	-----

Rev	Beskrivelse	Dato	Teck	Kontroll	Godk
-----	-------------	------	------	----------	------

<b>FORSET, KVÅL - UTGLIDNING</b>		Status
Dreietrykkssonderinger		Original format A-1 Teckningens titel VEDLEGG A Dreietrykkssonderinger Skala 1:100 (A1) 1:200 (A3)

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.05.20	Kontroll / Teckning RMo	Kontrollert VG	Godkjent JSL
Oppdragets nummer 20200375	Teckningens nummer VEDLEGG A	Rev 0		

# Vedlegg B

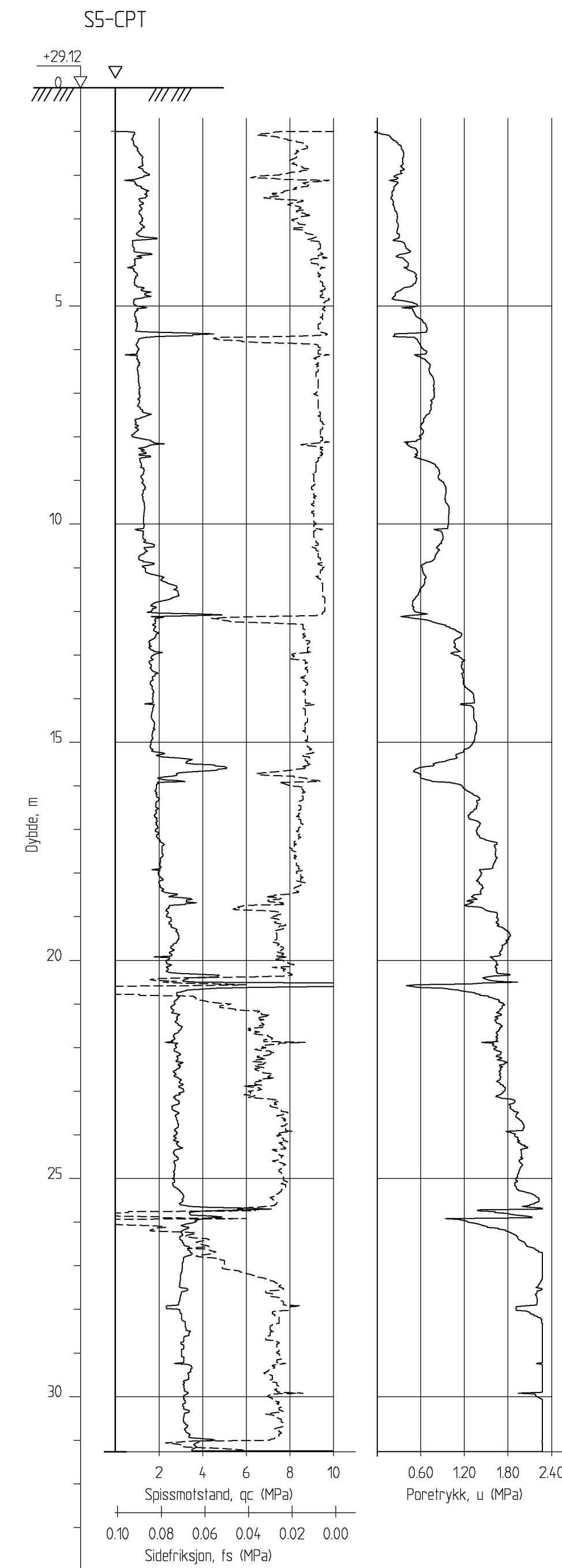
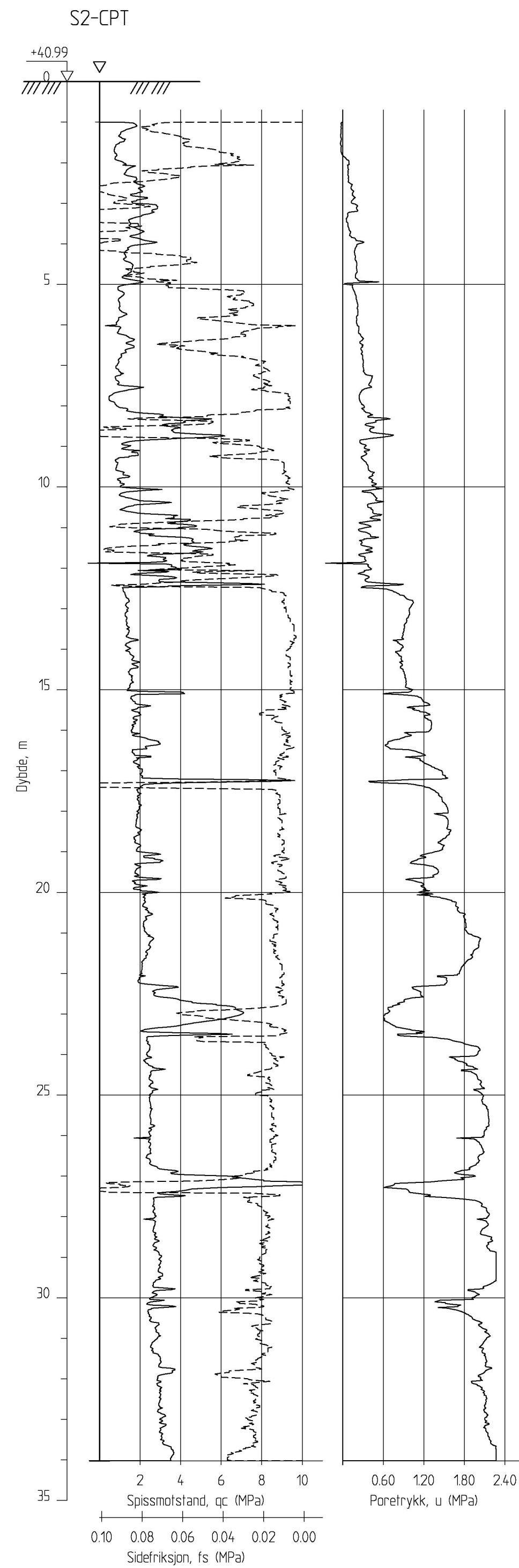
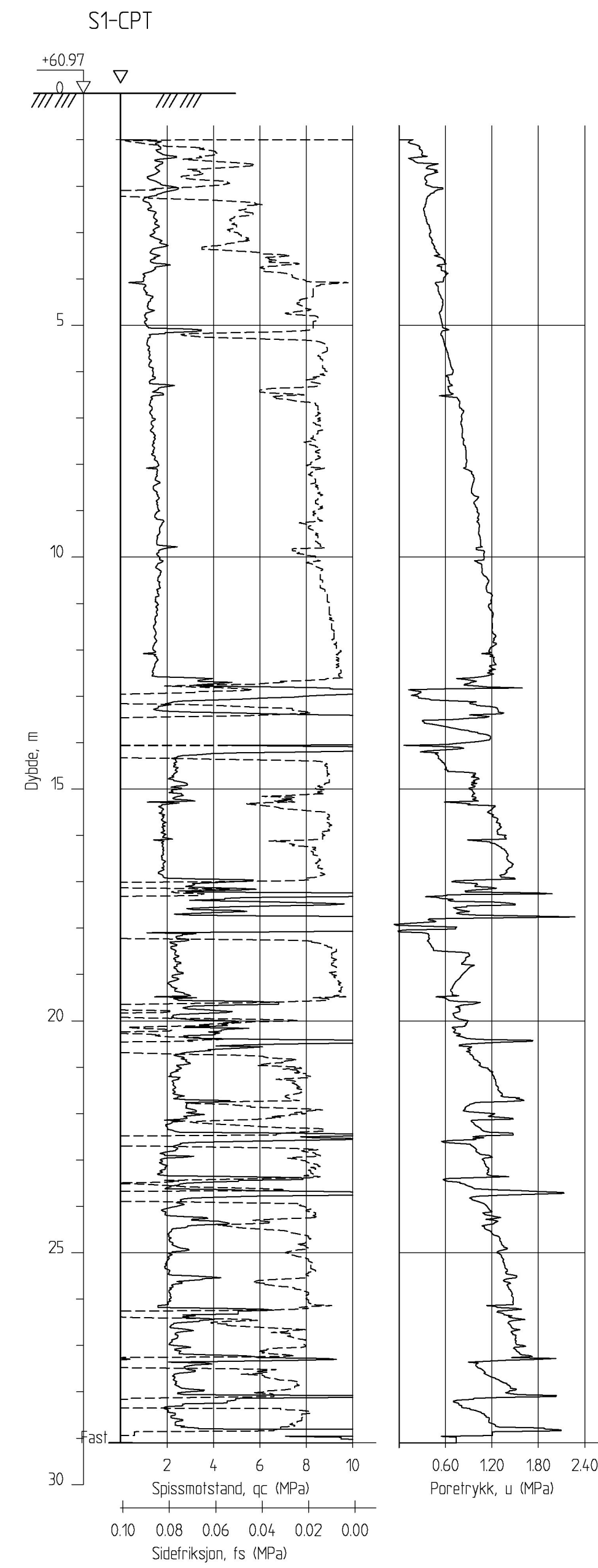
CPTU-SONDERINGER

## Tegninger

Vedlegg B

CPTU-sonderinger





FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Figurstatus	Figurtype	Rev
-------------	-----------	-----

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontroll	Godk
	FORSET, KVÅL - UTGLIDNING				
	CPTU - sonderinger				
	NGI				
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.08.20	Kontroll / Tegnet RMo	Kontrollert VG	Godkjent JSL
	20200375	VEDLEGG B			0

# Vedlegg C

## BORPROFILER

### Rapport

10219104-01-RIG-RAP-001

Forset, Kvål. Utglidning. Laboratorierapport.

## TEKNISK RAPPORT – LABORATORIEOPPDRAG

OPPDRAG	Forset, Kvål. Utglidning	DOKUMENTKODE	10219104-01-RIG-RAP-001
EMNE	Laboratorierapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	NVE	OPPDRAGSLEDER	Magne Wold
KONTAKTPERSON	Sten-Are Strand	SAKSBEHANDLER	Anders S Gylland
KOPI		ANSVARLIG ENHET	3015 Midt Grunnundersøkelser

### 1 Bakgrunn

Multiconsult Norge AS har på oppdrag fra NVE utført laboratorieundersøkelser for oppdrag 10219104-01 Forset, Kvål. Utglidning. Prøvetaking er utført av NGI medio mai 2020 og materialet ble levert vårt laboratorium uke 18.

### 2 Omfang av laboratorieundersøkelsen

Laboratorieundersøkelsen ble utført uke 18, 2020 og omfatter følgende undersøkelser:

Undersøkelse	Materiale	Type	Antall	Merknad knyttet til prøvematerialet
Rutine	Kohesjon	54mm, kompositt	12	
IP	Kohesjon		4	

Undersøkelsen er utført av laborant Vidar Tøndervik og laborant Marthe Sofie Haugan. Opptegning av resultater er inkludert i tegningsvedlegg.

### 3 Prosedyrer for gjennomføring

Multiconsult utfører sine laboratorieundersøkelser i henhold til Norsk standard NS 8000-serien og relevante ISO-standarder, samt vår interne laboratoriehåndbok som er basert på disse. En oversikt over gjeldende standarder er vist i vedlegg 01.

Gjennomføringen av oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9000:2000.

### 4 Kommentarer til utførte undersøkelser

Laboratorieundersøkelsen er utført i henhold til avtalt omfang med følgende kommentarer:

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
001	05.05.2020	Rapport opprettet	Vidar Tøndervik	Marthe S. Haugan	Anders S. Gylland

Sylindernr/dybde	Merknad/avvik/beskrivelse av undersøkelse
Hull S2, dybde 1,0-1,8m, sylinder syl1	Prøven bestod av LEIRE, siltig. Enk små humus-/planterester, noe oksidering. Det ble utført 1 stk rutine. Lengde av prøve var 48cm.
Hull S2, dybde 3,0-3,8m, sylinder syl2	Prøven bestod av LEIRE, siltig. Enk små humus-/planterester. Det ble utført 1 stk rutine. Prøven virker noe forstyrret. Lengde av prøve var 39,5cm.
Hull S2, dybde 5,0-5,8m, sylinder K7	Prøven bestod av LEIRE, siltig. Enk små humusrester. Det ble utført 1 stk rutine. Prøven virker å være noe forstyrret. Lengde av prøve var 57cm.
Hull S2, dybde 6,0-6,8m, sylinder syl4	Prøven bestod av LEIRE, siltig. Det ble utført 1 stk rutine. Prøven virker å være forstyrret. Lengde av prøve var 13,5cm, enaks ble derfor ikke mulig. Pga prøvelengde ble det kun utført 1 stk konus (Uforstyrret/omrørt), samt 1 stk vanninnhold.
Hull S2, dybde 7,0-7,8m, sylinder 02	Prøven bestod av LEIRE, siltig. Enk silt-/sandlinser. Det ble utført 1 stk rutine. Pga prøven beskaffenhet, var ikke enaks mulig å utføre. Lengde av prøve var 22,5m. Prøven virker å være forstyrret.
Hull S2, dybde 10,0-10,8m, sylinder syl6	Prøven bestod av LEIRE, med tynne tette silt-/finsandlag, lagdelt med SAND, fin/SILT. KVIKKLEIRE ved ca 10,15-10,20m. Det ble utført 1 stk rutine, samt 1 stk IP. Lengde av prøve var 66,6cm
Hull S2, dybde 13,0-13,8m, sylinder syl7	Prøven bestod av KVIKKLEIRE. Det ble utført 1 stk rutine, samt 1 stk IP. Lengde av prøve var 63,0cm
Hull S5, dybde 1,0-1,8m, sylinder syl T.T2	Prøven bestod av LEIRE, siltig. Det ble utført 1 stk rutine. Lengde av prøve var 66,0cm
Hull S5, dybde 3,8-4,6m, sylinder syl24	Prøven bestod av LEIRE. KVIKKLEIRE fra ca 4,20m Det ble utført 1 stk rutine. Lengde av prøve var 62,8cm
Hull S5, dybde 7,0-7,8m, sylinder syl 3TT	Prøven bestod av KVIKKLEIRE. Det ble utført 1 stk rutine. Lengde av prøve var 66,7cm
Hull S5, dybde 10,0-10,8m, sylinder syl18	Prøven bestod av KVIKKLEIRE, siltig. Det ble utført 1 stk rutine, samt 1 stk IP. Lengde av prøve var 63,0cm
Hull S5, dybde 14,5-15,3m, sylinder syl19	Prøven bestod av LEIRE, enk tynne siltlag. Det ble utført 1 stk rutine, samt 1 stk IP. Lengde av prøve var 62,2cm

## Tegningsliste

10219104-01-RIG-TEG-200 til 201

Geotekniske data

Laboratorierapport

## **Vedlegg**

Metodestandarder og retningslinjer-laboratorieundersøkelser

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)										St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	60	70	80	90		
5	LEIRE, siltig enk små humus-/planterester, noe oksidering							1,92														3 2
	LEIRE, siltig enk små plante-/humusrester							2,05														2 2
	LEIRE, siltig enk små humusrester							2,03														4 3
	LEIRE, siltig							1,95														3
	LEIRE, siltig, enk silt-/sandlinser							1,94														5 3
10	LEIRE, m/tynne tette silt-/finsandlag, lagdelt m/SAND, fin/SILT KVIKKLEIRE v/10,15-10,20m							2,14														76 91
	KVIKKLEIRE							1,98														200 337
15																						
20																						

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
 Plastisitetsindeks,  $I_p$

ISO 17829-6: 2017

▼ Omrørt konus  
 ▼ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
 Ø = Ødometerforsøk  
 K = Korngredning

Grunnvannstand: m  
 Borrbok:

PRØVESERIE

Borhull:

S2

NVE

Dato:

2020-05-05

Forset, Kvål. Utglidning.

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

vt/mash

Kontrollert:

truk/mash

Godkjent:

MAGW

Oppdragsnummer:

10219104-01

Tegningsnr.:







RIG-TEG-200

Rev. nr.:

00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)										St (-)				
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	60	70	80	90						
5	LEIRE, siltig	kt.							2,09														16	6		
	LEIRE KVIKKLEIRE fra ca 4,20m										1,95	0,54													119	168
10	KVIKKLEIRE, siltig, finsandig								2,03	0,26														185	174	
	KVIKKLEIRE, siltig			LEIRE, siltig							2,02	0,29														297
15	LEIRE, enk tynne siltlag								2,00																54	83

**Symboler:**

-  Enaksialforsøk (strek angir aksjell tøyning (%) ved brudd)
-  Vanninnhold
-  Plastisitetssindeks, I<sub>p</sub>
-  ISO 17829-6: 2017
-  Omrørt konus
-  Uomrørt konus
- $\rho$  = Densitet
- $\rho_s$  = Korndensitet
- S<sub>t</sub> = Sensitivitet
- T = Treaksialforsøk
- Ø = Ødometerforsøk
- K = Korngredning
- Grunnvannstand: m
- Borbok:

PRØVESERIE

Borhull: S5

NVE

Forset, Kvål. Utglidning

Dato: 2020-05-05

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: vt/mash

Kontrollert: truk/mash

Godkjent: MAGW

Oppdragsnummer: 1021910401

Tegningsnr.: RIG-TEG-201

Rev. nr.: 00



Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. Utførelsesstandarder er inkludert til slutt i dette vedlegget.

#### MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse [mm]	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

#### ORGANISKE JORDARTER

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fibrig torv</li> </ul>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke
<ul style="list-style-type: none"> <li>Delvis fibrig torv, mellomtorv</li> </ul>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene
<ul style="list-style-type: none"> <li>Amorf torv, svarttorv</li> </ul>	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold
Mold og matjord	Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det ovre jordlaget

#### KORNFORDELINGSANALYSER

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter  $d > 0,063$  mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

#### VANNINNHOOLD

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110°C i 24 timer.

#### KONSISTENSGRENSER

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisitetsindeksen  $I_p = w_f - w_p$  (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

#### HUMUSINNHOOLD

Humusinnholdet kan bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse), glødning av jordprøve i varmeovn eller våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.



**DENSITET, TYNGDETETHET, PORETALL OG PORØSITET**

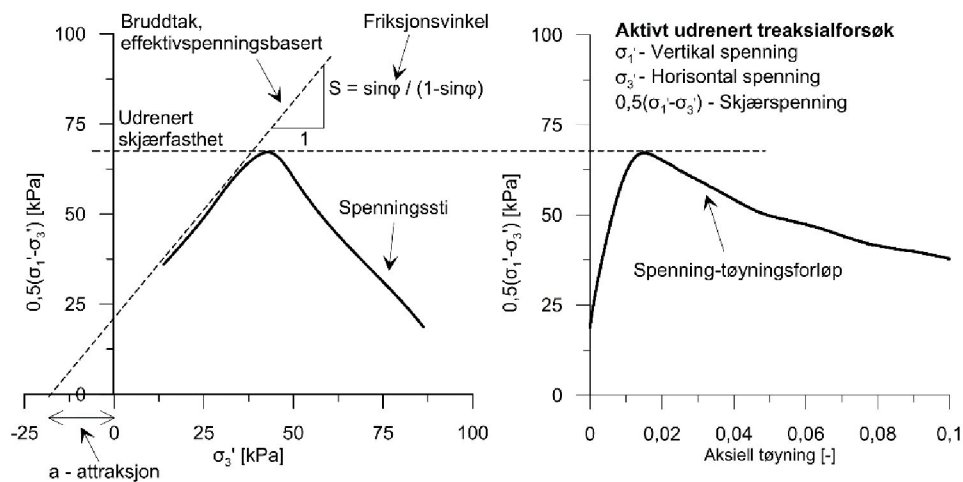
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Densitet	$\rho$	$g/cm^3$	Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del
Korndensitet	$\rho_s$	$g/cm^3$	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff
Tørr densitet	$\rho_d$	$g/cm^3$	Masse tørt stoff per volumenhet
Tyngdetetthet	$\gamma$	$kN/m^3$	Tyngde av prøve per volumenhet ( $\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$ , der $g$ er tyngdeakselerasjonen)
Spesifikk tyngdetetthet	$\gamma_s$	$kN/m^3$	Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ( $\gamma_s = \rho_s g$ )
Tørr tyngdetetthet	$\gamma_d$	$kN/m^3$	Tyngde av tørt stoff per volumenhet ( $\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$ )
Poretall	$e$	-	Volum av porer dividert med volum av fast stoff ( $e = n/(1-n)$ , $n$ som desimaltall)
Porøsitet	$n$	%	Volum av porer i % av totalt volum av prøven ( $n = e/(1+e)$ )

**SKJÆRFASTHET**

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre  $a$  (attraksjon) og  $\tan \phi$  (friksjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyningutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet  $c_u$  (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk ( $c_{ut}$ ), konusforsøk (uforstyrret  $c_{ufc}$ , omrørt  $c_{urfc}$ ), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv  $c_{uA}$ , avlastning/passiv  $c_{uP}$ ) og direkte skjærforsøk ( $c_{uD}$ ). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ( $c_{u\text{CPTU}}$ ) eller vingebor (uforstyrret  $c_{uv}$ , omrørt  $c_{uvr}$ ).

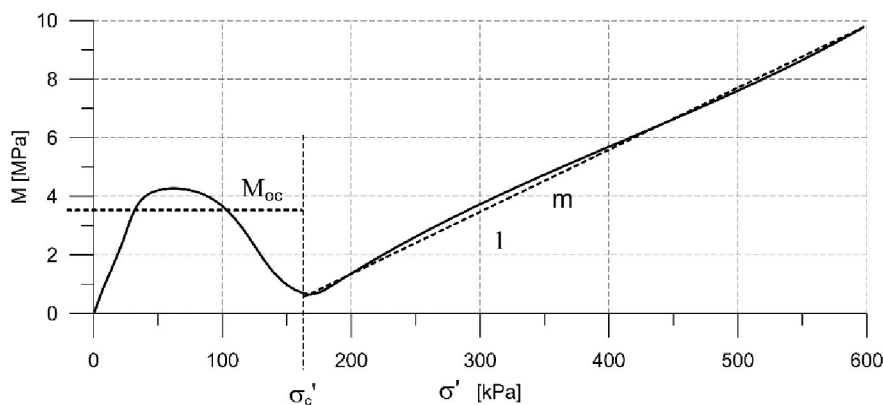


**SENSITIVITET**

Sensitiviteten  $St = c_u/c_r$  uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet ( $c_r < 0,5$  kPa NS8015,  $c_r < 0,33$  kPa ISO 17892-6), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

**DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER**

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning ( $\sigma'$ ). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning  $\varepsilon$ ) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som  $M = \Delta\sigma' / \Delta\varepsilon$ . Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen ( $\sigma'_c$ ). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlaging eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under  $\sigma'_c$  representeres ved en konstant stivhetsmodul  $M_{oc}$ . For spenningsnivåer over  $\sigma'_c$  vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet  $m$ .

**TELEFARLIGHET**

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

**KOMPRIMERINGSEGENSKAPER**

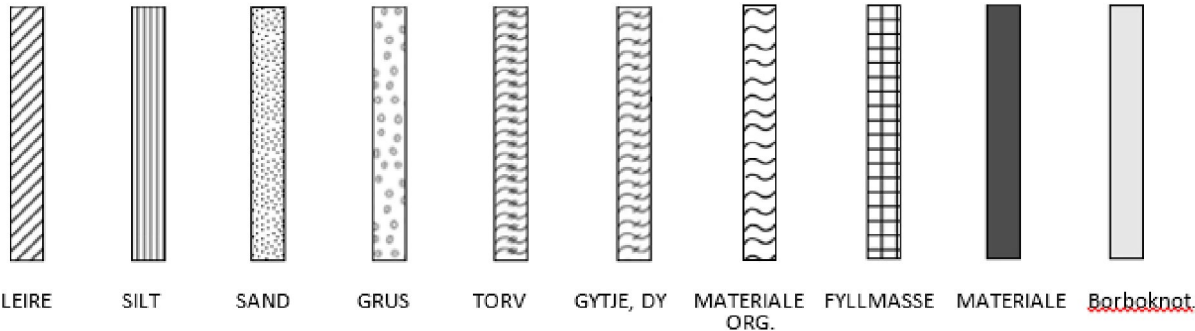
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineral Kornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet  $\rho_d$  som funksjon av innbyggingsvanninnhold  $w_i$ . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås ( $\rho_{dmax}$ ) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold ( $w_{opt}$ ).

**PERMEABILITET**

Permeabiliteten defineres som den vannmengden  $q$  som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng:  $q = kiA$ , der  $A$  er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og  $i$  = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet, ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt samt ødometerforsøk.

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING

Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen skravering for eventuelle notater hentet fra borbok til den gjeldende prøveserien. De ulike skraveringene er som følger:



**NB:** Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet.

**LEIRE:** Leirinnholdet er større enn 15 %

**SILT:** Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

**SAND:** Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

**GRUS:** Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

**MATERIALE:** Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelse kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse

**TORV:** Mer eller mindre omvandlede planterester

**GYTJE/DY:** Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske

**MATERIALE ORG.:** Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur

**FYLLMASSE:** Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser)

**Borboknotat:** Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv.

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø)

Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer ikke nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert resultater og ytterlig forsøksinformasjon.

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser

Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksimumsgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Vanninnhold $w$		Plastisitetsgrense $w_p$	
		Flytegrense $w_f$	

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet

Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksimumsgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Uomrørt konus $c_{urfc}$		Omrørt konus $c_{urfc}$	
Enaksialt trykkforsøk Strek angir aksial tøyning (%) ved brudd		Omrørt konus $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$	0,9

**METODESTANDARDS OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER**

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende standarder og referansedokumenter:

<b>Dokument</b>	<b>Tema</b>
NS8000	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001	Støtflytegrense
NS8002	Konusflytegrense
NS8003	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004	Svinggrense
NS8005, NS-EN ISO 17892-4	Kornfordelingsanalyse
NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering.
NS8011, NS-EN ISO 17892-2	Densitet
NS8012, NS-EN ISO 17892-3	Korndensitet
NS8013, NS-EN ISO 17892-1	Vanninnhold
NS8014	Poretall, porøsitet og metningsgrad
ISO 17892-6:2017	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS-EN ISO 17892-5:2017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9	Treaksialforsøk (UU, CD)
Statens vegvesen Håndbok R210	Laboratorieundersøkelser



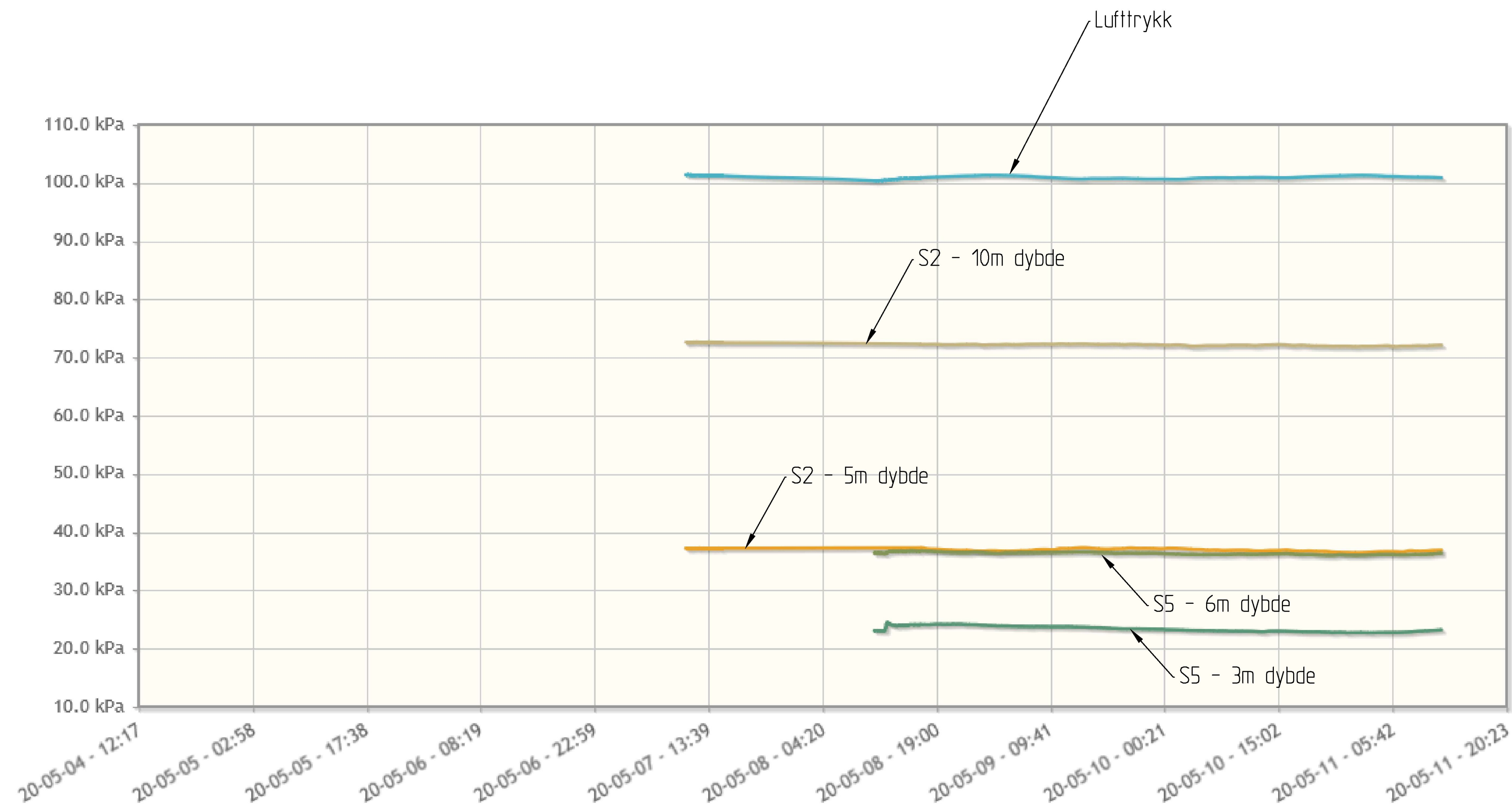
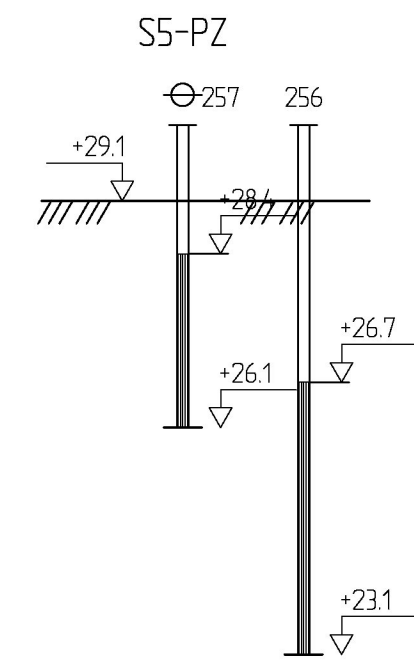
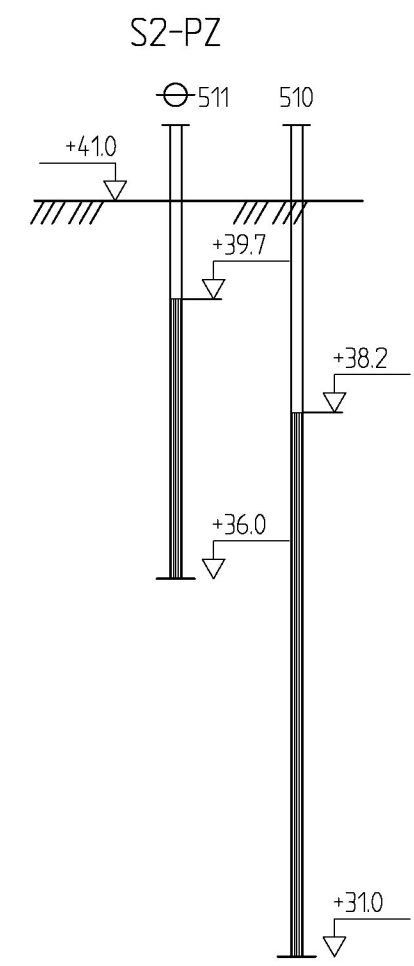
# Vedlegg D

## PORETRYKKSÅMÅLINGER

### Tegninger

Vedlegg D

Poretrykksmålinger



- Air pressure
- 17511:
- 17510:
- 17257:
- 17256:

FORKLARINGER:

BESTEMMELSER:

HENVISNINGER:

Figurstatus	Figurtype	Rev
-------------	-----------	-----


Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontroll	Code
-----	-------------	------	------	----------	------

FORSET, KVÅL - UTGLIDNING		Status
Poretrykksmålinger		Original format A-1 Figurtype: Plott Poretrykksmålinger NBeskrak
1:100 (A1) 1:200 (A3)		NGI

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3830 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 07.05.20	Kontroll / Tegnet RMe	Kontrollert JSL	Godkjent JSL
Oppdragsnr 20200375	Tegningnr VEDLEGG D	Rev 0		

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Forset, Kvål - Utglidning og forslag til sikringstiltak		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20200375-01-TN
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Teknisk notat / Technical note	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE)	<b>Dato/Date</b> 2020-05-13
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract</b> Oppdragsgiver / Client		<b>Rev.nr. &amp; dato/Rev.no. &amp; date</b> 1 / 2020-05-15
<b>Distribusjon/Distribution</b> ÅPEN: Skal tilgjengeliggjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
<b>Emneord/Keywords</b> Skred, kvikkleire, sikringstiltak		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Trøndelag	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Melhus	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Kvål	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/Self review by:</b>	<b>Sidemannskontroll av/Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2020-05-13 Jean-Sebastien L'heureux og Ragnar Moholdt	2020-05-13 Vidar Gjelsvik		
1	Uavhengig kontroll. Geoteknisk kategori og Pålitelighetsklasse er lagt til.	2020-05-15 Ragnar Moholdt	2020-05-15 Jean-Sebastien L'heureux		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 15. mai 2020	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Jean-Sebastien L'heureux
---	----------------------------------	--

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](http://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](http://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.

