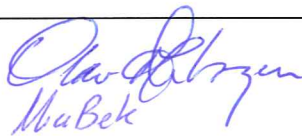



Rapport

Oppdragsgiver:	Åfjord kommune				
Oppdrag:	Områderegulering Årnes Grunnundersøkelser				
Emne:	Datarapport med Geoteknisk vurdering				
Dato:	20. februar 2012				
Rev. - Dato	Rev. 2: 24.08.2012				
Oppdrag- / Rapportnr.	414653-RIG-RAP-001				
Oppdragsleder:	Olav Arbogen	Sign.:			
Saksbehandler:	Mia Bek	Sign.:			
Kontaktperson hos Oppdragsgiver:	Tor Skjevdal og Magne Silseth				
<p>Sammendrag:</p> <p>Multiconsult AS har utført grunnundersøkelser for vurdering av stabilitets- og grunnforhold i forbindelse med område-reguleringsplan for Årnes. Tidligere utførte grunnundersøkelser ved Årnes bru over Norddalselva viser forholdsvis jevne grunnforhold med løs til middels lagrede fyllmasser over leire som blir kvikk/sensitiv i dybdeområdet kote -4 ned til ca. kote -10. Utførte grunnundersøkelser viser at det i de vestlige og nordlige områdene på Årneset strekker seg kvikkleire fra Norddalselva og et stykke innover Årneset.</p> <p>Foreliggende rapport presenterer resultatene av utførte grunnundersøkelser inkludert tidligere relevante data. I tillegg er det definert en ny kvikkleiresone "Årnes" som grenser mot kvikkleiresone "Åset" nord for Norddalselva. Sone Årnes er avgrenset og det er utført en faresoneevaluering av sonen. Denne evalueringen konkluderer med at faregraden er høy for sonen.</p> <p>Det er utført stabilitetsberegninger i utvalgte, antatt mest kritiske, profiler langs elva. Resultatene viser at områdestabiliteten ikke er tilfredsstillende langs elva og tiltak for å stabilisere skråningen ned mot elva bør utføres. Lokalt ved den gamle Årnesbrua, ble forholdene funnet så alarmerende at det ble initiert, og gjennomført, et strakstiltak før jul i 2011. Det er imidlertid fremdeles behov for ytterligere forbygning langs elva også i dette området for å heve sikkerheten i henhold til gjeldende krav. Slike tiltak bør ha høy prioritet på grunn av de fortsatt svært lave beregnede sikkerhetene spesielt nedenfor gammlebrua.</p> <p>I forbindelse med eventuelle tiltak som medfører endringer i terreng eller lastbilde nær eller i elveskråningen, eller ved dypere utgravinger, må grunn- og stabilitetsforhold vurderes nærmere. Kritiske forhold vil spesielt være relatert til tiltak som medfører økt belastning ved skråningstopp, og ved evt. inngrep i skråningens nedre del.</p> <p>I reguleringsområdet bør det stilles krav til at tiltak som krever tillatelser etter Plan- og Bygnings-loven, skal kontrolleres og godkjennes av geotekniker.</p> <p>Rapporten har blitt revidert etter utsendelsen til 3. partskontrollør, NGI. Kommentarene fra NGI er mottatt den 07.05.2012 og 16.08.2012.</p>					
2	24.08.2012	Verifisert	MiaB / OÅ	SGH	SGH
1	22.06.2012	Utsendt for uavhengig kontroll 2. gang	MiaB / OÅ	SGH	SGH
0	20.02.2012	Utsendt for uavhengig kontroll 1. gang	MiaB / OÅ	SGH	SGH
Utg.	Dato	Tekst	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	6
2.	Utførte undersøkelser	7
2.1	Tidligere undersøkelser	7
2.1.1	Skoleområdet og Årnes bru	7
2.1.2	Søndre del av Årnes sentrum	7
2.2	Feltundersøkelser	7
2.3	Laboratorieundersøkelser	8
3.	Topografi og grunnforhold	8
3.1	Topografi	8
3.2	Grunnforhold	9
3.3	Grunnvannsforhold	10
4.	Faregradsevaluering	10
4.1	Generelt	10
4.2	Utbredelse av kvikkleire og sprøbruddmateriale	11
4.3	Faregradsevaluering	11
5.	Skredtype og maksimal utbredelse av skred	13
5.1	Generelt	13
5.2	Skredtype	13
5.3	Utbredelse av skred	13
6.	Materialparametere	13
6.1	Generelt	13
6.2	Kvalitet av undersøkelser	13
6.3	Tyngdetetthet	14
6.4	CPTU og poretrykk	14
6.5	Udrenerte styrkeparametere	14
6.6	Udrenert skjærstyrke modellert etter SHANSEP-prinsippet	16
6.7	Anisotropi	16
6.8	Bestemmelse av effektive skjærfasthetsparametere	17
6.9	Materialparametere	17
7.	Stabilitet	19
7.1	Beregningsverktøy	19
7.2	Metodikk	19
7.3	Beregninger	19
7.4	Stabilitetsvurdering	20
7.5	Tiltaksvurdering	20

7.5.1	Strakstiltak	20
7.5.2	Permanente stabiliseringstiltak	21
7.6	Gang- / sykkelveg bru (gamlebrua)	23
7.7	Forhold ved videre utbygging	23
8.	Kilder	24

Tegninger

414653	-0:	Oversiktskart
	-1_rev A:	Borplan
	-10-15:	Geoteknisk data PR-2, -4, -5, -6, -13 og -15
	-60-63:	Kornfordeling PR-2, -4, -5, og -13
	-40.1:	CPTU PR. 2, rådata, q-z, u-z, f-z, i-z
	-40.2:	CPTU PR. 2, rådata, q _n -z, Δu-z
	-40.3:	CPTU PR. 2, rådata, N _m -z, B _q -z, R _f -z
	-40.4:	CPTU PR. 2, rådata, q _t - B _q
	-40.5_rev A:	CPTU PR. 2, rådata, udrenert skjærstyrke, s _{uA} , korrelert mot B _q
	-40.6_rev A:	CPTU PR. 2, rådata, udrenert skjærstyrke, s _{uA} , SHANSEP-analyse
	-40.7_rev A:	CPTU PR. 2, rådata, overkonsolideringsgrad, OCR
	-40.8:	CPTU PR. 2, rådata, friksjonsvinkel leire
	-40.9:	CPTU PR. 2, rådata, dokumentasjon måledata
	-50.1:	CPTU PR. 4, rådata, q-z, u-z, f-z, i-z
	-50.2:	CPTU PR. 4, rådata, q _n -z, Δu-z
	-50.3:	CPTU PR. 4, rådata, N _m -z, B _q -z, R _f -z
	-50.4:	CPTU PR. 4, rådata, q _t - B _q
	-50.5_rev A:	CPTU PR. 4, rådata, udrenert skjærstyrke, s _{uA} , korrelert mot B _q
	-50.6_rev A:	CPTU PR. 4, rådata, udrenert skjærstyrke, s _{uA} , SHANSEP-analyse
	-50.7_rev A:	CPTU PR. 4, rådata, overkonsolideringsgrad, OCR
	-50.8:	CPTU PR. 4, rådata, friksjonsvinkel leire
	-50.9:	CPTU PR. 4, rådata, dokumentasjon måledata
	-70.1:	Treaksialforsøk PR. 2, d=15,55, Deviatorspenningssti. NTNU-plott.
	-70.4:	Treaksialforsøk PR. 2, d=15,55, Poretrykks- og mobiliseringsforløp
	-70.6:	Treaksialforsøk PR. 2, d=15,55, Spenningssti med tolket styrke.
	-80.1:	Treaksialforsøk PR. 13, d=2,4, Deviatorspenningssti. NTNU-plott
	-80.4:	Treaksialforsøk PR. 13, d=2,4, Poretrykks- og mobiliseringsforløp
	-80.6:	Treaksialforsøk PR. 13, d=2,4, Spenningssti med tolket styrke.
	-90.1:	Treaksialforsøk PR. 13, d=4,2, Deviatorspenningssti. NTNU-plott
	-90.4:	Treaksialforsøk PR. 13, d=4,2, Poretrykks- og mobiliseringsforløp
	-90.6:	Treaksialforsøk PR. 13, d=4,2, Spenningssti med tolket styrke.

- 101_rev A: Profil 1
- 102_rev A: Profil 2
- 103_rev A: Profil 3
- 104_rev A: Profil 4
- 105_rev A: Profil 5
- 106_rev A: Profil 6
- 150-156: Sonderingsresultater boring 1-18

- 301.1_rev A: Profil 1 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP
- 301.2_rev A: Profil 1 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi
- 301.3_rev A: Profil 1 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP, m/tiltak
- 301.4_rev A: Profil 1 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi, m/tiltak

- 302.1_rev A: Profil 2 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP
- 302.2_rev A: Profil 2 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi

- 304.1_rev A: Profil 4 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP
- 304.2_rev A: Profil 4 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi
- 304.3_rev A: Profil 4 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP, m/strakstiltak
- 304.4_rev A: Profil 4 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi, m/strakstiltak
- 304.5_rev A: Profil 4 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP, m/tiltak
- 304.6_rev A: Profil 4 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi, m/tiltak

- 305.1_rev A: Profil 5 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP
- 305.2_rev A: Profil 5 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi
- 305.3_rev A: Profil 5 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP, m/tiltak alternativ A
- 305.4_rev A: Profil 5 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi, m/tiltak alternativ A
- 305.5_rev A: Profil 5 - Geosuite stabilitetsberegninger, ADP, m/tiltak alternativ B
- 305.6_rev A: Profil 5 - Geosuite stabilitetsberegninger, Afi, m/tiltak alternativ B

Vedlegg

- 1: Tidligere utførte undersøkelse fra SVV
- 2: Enaks, PR-2, -4, -5, -6 og -13
- 3: Geotekniske bilag
- 4: NGI. Teknisk Notat. Uavhengig kontroll av områderegulering Årnes.
Datert: 16.08.2012.

1. Innledning

I tilknytning til utarbeidelse av ny reguleringsplan for Årnes-området i Åfjord sentrum har Multiconsult på oppdrag av Åfjord kommune utført grunnundersøkelser. Undersøkelsene er utført med hensyn på kartlegging av grunnforholdene på nordre og vestre side av Årnes sentrum, langs Norddalselva, med bakgrunn i at det er registrert kvikkleire i grunnen på nordsiden av denne elva.

I tidligere undersøkelser utført i forbindelse med oppføring av ny Åset skole er det registrert kvikkleirelag som ser ut til å gå sørover mot Årneset under Norddalselva. Nye undersøkelser er nå utført sør for elva for å avklare om kvikkleireforekomsten kan berøre sentrumsområdet på Årnes.

Da det er påtruffet kvikkleire som kan påvirke utbyggingsområdet må faren for skred utredes iht. NVEs Retningslinjer nr. 2/2011 ”Flom og skredfare i arealplaner”, ref. /3/.

Utredning av skredfaren utføres stegvis iht. følgende punkter:

1. Faregradsevaluering

Faregradsevaluering omfatter å identifisere fareutsatt areal (utstrekning av faresone) samt å vurdere sannsynlighet for skred.

2. Vurdering av bruddtype og maksimal utbredelse av skred

Vurdering av skredtype og utløsende skredfaktor (for eksempel initialskred og retrogressivt skred eller flaskred utløst ved progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale). Utredninga omfatter videre vurdering av både løsneområder og utløpsområder for skredmasser.

3. Stabilitetsanalyser

Beregning av sikkerheten mot utglidning for dagens situasjon.

4. Evt. utredning av stabilitetsforbedrende tiltak

Utredning av stabiliserende tiltak som eventuelt må gjennomføres i og utenfor planområdet for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

Foreliggende rapport inneholder en utredning av skredfaren iht. overnevnte punkter.

I tillegg inneholder rapporten registrerte data fra felt- og laboratorieundersøkelser og gir en avgrensning av kvikkleire på Årnes-området.

2. Utførte undersøkelser

2.1 Tidligere undersøkelser

2.1.1 Skoleområdet og Årnes bru

Statens vegvesen (SVV) utførte grunnundersøkelser på første halvdel av 1980-tallet i forbindelse med ny Årnes bru. Undersøkelsene ble utført som "gammeldagse" dreiesonderinger, noen få slagsonderinger, fjellkontrollboringer og prøvetaking. Deler av resultatene fra disse undersøkelsene har vi benyttet som grunnlag for vurderingene i denne rapporten. De enkelte borpunktene er lagt inn på vedlagt borplan, tegning nr. 414653-1. Resultatene fra SVV sine undersøkelser er vist i vedlegg 1. Disse grunnundersøkelsene har vist at det er minst 6 meter tykt lag med kvikkleire ved Årnes brus søndre landkar, i dybdeområdet kote -4 ned til ca. kote -10.

I tillegg har Multiconsult AS utført grunnundersøkelser for utbyggingen av Åset skole. Disse undersøkelsene er presentert i følgende rapporter:

- Multiconsult AS, rapport nr. 412383-1 (2007)
- Multiconsult AS, rapport nr. 412383-02 (2008)
- Multiconsult AS, rapport nr. 412383-3 (2008)

2.1.2 Søndre del av Årnes sentrum

Tidligere er det utført grunnundersøkelser for Åfjord kommune (vedrørende planlegging av ny Mælan bru), for Øvre Årnes Eiendom (vedr utbygging øst for Fv715) og for Johs. J. Syltern AS (vedrørende mulighet for nytt badeanlegg på sørvestspissen av Årneset). Disse undersøkelsene er presentert i følgende rapporter:

- Multiconsult AS, rapport nr. 413960-1 (2010; ny Mælan bru)
- Multiconsult AS, rapport nr. 413977-1 (2010; reguleringsplan Øvre Årnes)
- Multiconsult AS, oppdrag nr. 413982 (brev 2010; mulig badeanleggstomt Årnes)

I disse grunnundersøkelsene er det ikke påvist kvikkleire eller sprøbruddmateriale. Det bemerkes at det ikke er stort omfang av prøvetaking i disse undersøkelsene.

2.2 Feltundersøkelser

Feltundersøkelsen er utført i perioden februar-juni 2011 med Geotech 604D, hydraulisk borerigg under ledelse av boreleder Olav Bakken. Undersøkelsene som er utført har omfattet følgende:

- Dreietrykkssonderinger i 18 punkt, benevnt 1-18 på vedlagt borplan, tegning nr. 414653-1.
- Opptak av 6 prøveserier bestående av representative og uforstyrrede prøver fra punkt 2, 4, 5, 6, 13 og 15.
- 4 poretrykksmålere er montert i forskjellig nivå ved borpunkt 2 og 5.
- Trykksondering, CPTU, i borpunkt 2 og 4.

Borpunkt 3 ble utført ved sørenden av Årnes-brua. Den angitte plasseringen ble valgt for å kunne sammenligne dreietrykksonderingen i dette punktet med de tidligere utførte sonderingene i området, samt prøveserie 3 som SVV har utført, (se vedlegg 1).

Dreietrykksonderingene er avsluttet i dybder fra ca. 9 til 38 meter under terreng, og trykksonderingene er avsluttet i ca. 17 meters dybde under terreng. Tabell 2-1 gir en oversikt over de opptatte og analyserte prøvene.

Tabell 2-1: Prøver.

Borhull	Poseprøver dybde [m]	Sylinderprøver dybde [m]	Poretrykkmålingsdybde
2	4-5	7-7.8, 9-9.8, 15-15.8	10m og 15m
4	1-2, 5-6	11-11.8, 13-13.8	
5	2-3, 5-6, 6,5-7,5	10-11	6m og 11m
6	2-3	4-4.8, 9-9.8	
13		2-3, 4-5, 7-8, 10-11	
15	2-3, 4-5, 7-7,5, 8-8,5		

Borpunktene er målt inn delvis med vårt DGPS-utstyr, og delvis av Åfjord kommune. Terreng høyden i profilene er i hovedsak hentet fra digitalt kart, mens elveskråningene er profilert av Åfjord kommune i profil 1, 2, 4 og 6. Plassering av borpunktene med boret dybde er vist i borplanen, tegning nr. 414653 -1. Resultatene fra alle sonderingene er presentert i tegning nr. 414653-150 til -156 og resultatene fra CPTU er presentert i tegning nr. 414653-40.1 til -40.9 og 414653-50.1 til -50.9. I tillegg er sonderingsresultatene vist i profilene.

Boringenes utførelse er beskrevet generelt i geoteknisk bilag, vedlegg 3.

2.3 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium. Prøvene er klassifisert og vanninnholdet er målt. Det er utført rutineundersøkelser på alle opptatte prøvene, i tillegg er det utført treaksialforsøk fra sylinderprøvene fra borpunkt 2 og 13. De geotekniske dataene er presentert på tegning nr. 414653-10 til -15 og resultatene fra treaksialforsøkene er presentert i tegning nr. 414653-70.1 til -90.6. Resultatene fra SVV er presentert i vedlegg 2.

Utførelsen av laboratorieundersøkelsene er beskrevet generelt i geoteknisk bilag, vedlegg 3.

3. Topografi og grunnforhold

3.1 Topografi

Årneset er et nes mellom Stordalselva i sør og Norddalselva i nord og vest. Terrenget er forholdsvis flatt, med høyeste nivå i nordøst med terreng på ca. kote +12. Der er det ei relativt steil skråning med gjennomsnittlig skråningshelning fra plataet og ned til Norddalselva på ca. 1:1,5. Vestover mot Årnesbrua (Fv715), ligger terrenget lavere, på ca. kote 9, og med ei gjennomsnittlig skråningshelning på 1:2 ned mot elva.

Lokalt ved nordre ende av rådhuset er terrenget så lavt som ca. kote +7. Omtrent tilsvarende terrengnivå er det også i sørvest ved hotellet. Langs nedre del av Norddalselva er terrenget enda lavere.

3.2 Grunnforhold

Grunnen oppe på Årneset består av et grovt lag av sand og grus med inntil 4-7m dybde, deretter er det registrert noe finere masser i form av sandig og leirig silt. Antatte lagdelinger østover langs Årneset er basert på tidligere undersøkelser og undersøkelser utført i forbindelse med områdereguleringen. Det er avdekket kvikkelire eller sensitiv leire i elvebunnen langs Norddalselva som strekker seg ca. 100m fra midten av elvebunnen og østover over Årneset. De sensitive massene ligger under et tynt lag av grovere masser, om er antatt til å være sand. Denne forekomsten ser ut til å gjenta seg i alle tverrprofilene. De sensitive massene vurderes å være mektigst under selve elvebunnen med noe avtakende mektighet østover. I det etterfølgende er antatt lagdeling beskrevet i detalj for de enkelte profilene. Profiltverrsnittene er vist på tegning nr. 414653-101 til -106.

Nordøst for Årnes-brua. **Profil 1 og 2**, tegning nr. 414653-101 og -102. Her består det øverste laget av sand og grus med ei mektighet på 4-7m oppe på Årneset, mens den er nesten neglisjerbar i elvebunnen. Under topplaget er det registrert siltige masser med forekomst av tynte leirlag. Den sensitive/kvikke leiren er påvist ved ca. kote -6/7 under et tynt lag av grovere og drenerende masser, som er antatt til å være sand. Mektigheten på de sensitive massene er ca. 3m og avtar noe østover opp langs Årneset. Underliggende lag antas å være friksjonsmasser med fastere lag ned til antatt fjell. Poretrykkmålingene fra borpunkt 2 indikerer at grunnvannstanden ligger på ca. kote +2. Vi har videre antatt at grunnvannstanden ligger noe høyere lenger øst, på ca. kote +5/7, og ca. ved kote 0 langs elvebunnen.

Langs Årnes bru. **Profil 3**, tegning nr. 414653-103. Også her består topplaget av sand og grus med ei mektighet på ca. 4m oppe på Årneset. Siltige masser med innslag av sand strekker seg ned til ca. kote -2. Den sensitive/kvikke leiren er påvist ved ca. kote -5, under et lag av grovere, drenerte masser som er antatt til å være sand. Mektigheten på de sensitive massene er ca. 4/5m. Underliggende lag antas å være friksjonsmasser med fastere lag ned til antatt fjell. De sensitive massene antas å strekke seg fra midten av elvebunnen og ca. 130 meter sørøstover langs Årnesbrua.

Ved gamle Årnes bru. **Profil 4**, tegning nr. 414653-104. Topplag av friksjonsmasser bestående av sand og grus med ei mektighet på ca. 5m. Underliggende siltige og sandige masser ned til ca. kote -1 ved elveskråningen og ca. kote -2 lenger øst på Årneset. Den sensitive/kvikke leiren er påvist ved ca. kote -3/4 med ei mektighet på ca. 6m. Også her under et tynt lag av grovere og drenerende masser, som er antatt til å være sand. De sensitive massene er mektigst ved nåværende gang og sykkelbrua (også benevnt som gammlebrua), der de strekker seg ned mot kote -10. Massene strekker seg ca. 100m østover fra midten av elvebunnen. Underliggende lag består av lagdelte masser med silt, sand og gruslag. Grunnvannstanden er antatt å ligge ved ca. kote -1,5 langs elvebunnen og ca. kote +5 lengst øst i profilet.

Sør for gamle Årnes bru. **Profil 5**, tegning nr. 414653-105. Topplag av friksjonsmasser bestående av sand og grus med ei mektighet på ca. 3m. Underliggende siltige og sandige masser ned til ca. kote +1 i elveskråningen og ca. kote -1 lenger øst på Årneset. Den sensitive/kvikke leiren er påvist ved ca. kote -1 med mektighet på ca. 3m og med et overliggende lag av grovere og drenerende masser. Mellom borpunkt 16 og 9 strekker de sensitive massene seg noe dypere. Ved borpunkt 9 er det antatt sensitive masser fra ca. kote -5,5 til ca. kote -9,5. I borpunkt 413977-4 viser dreietrykksonderingene indikasjon på bløte masser fra ca. 5-7m dybde. Basert på prøvene i borpunkt 5 og prøvene i området for øvrig, vurderer vi at dette ikke er kvikkleire. Underliggende lag består av lagdelte masser med silt, sand og gruslag. Poretrykkmålingene fra borpunkt 5 indikerer at grunnvannstanden ligger ca.

på kote +3,5 og +1. Vi har videre antatt at grunnvannstanden ligger noe høyere lenger øst, ca. på kote +5, og ca. ved kote -1 langs elvebunnen.

Vest for Årnes handel og ut mot spissen av Årneset. **Profil 6**, tegning nr. 414653-106. Topplag av friksjonsmasser bestående av sand og grus med ei mektighet på ca. 3/4m. Underliggende sensitive masser ned til ca. kote -5,5 under elvebunnen og ca. kote +1 ved borpunkt 17. Det er ingen indikasjon på sensitive masser i borpunkt 15. Borpunkt 15 ligger ca. 70m fra Norddalselva. Underliggende lag består av lagdelte friksjonsmasser bestående av sand og silt.

3.3 Grunnvannsforhold

Det er satt ned 4 poretrykksmålere i to forskjellige terrengnivå i borpunkt 2 (PZ 2) og borpunkt 5, (PZ 5). I borpunkt 2 er det satt 2 poretrykksmålere ned til henholdsvis, 10 og 15,5 meter under terreng. Avlesningene fra PZ 2 viste at grunnvannsstanden ligger på ca. kote +2. Mens i borpunkt 5 er poretrykksmålerne satt ned til 6 og 11 meter under terreng. Resultatene fra PZ 5 viser to mulige grunnvannstater, en på kote +1 og en på kote + 3,5. Siden den sistnevnte vil være den mest kritiske for skråningen, har vi valgt å bruke den i stabilitetsberegningene. Se Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Poretrykksregistreringer

Borpunkt	Terrengekote	Kotenivå pizometerspiss	Avlesning		Grunnvannsnivå fra poretrykk*
			Dato	Grunnvannstand u/terreng [m]	
-	[m.o.h.]	[m.o.h.]			[m.o.h.]
PZ 5	+8,5	+2,5	21.10.2011	5	+3,5
	+8,5	-2,5	21.10.2011	7,48	+1,02
PZ 2	+6,73	-3,27	08.02.2011	4,67	+2,06
	+6,73	-8,77	08.02.2011	5,32	+1,41

*) Hydrostatisk poretrykksfordeling

4. Faregradsevaluering

4.1 Generelt

Det er tidligere ikke registrert noen kvikkleiresone i sentrum, og det er derfor heller ikke utført faregradsevaluering tidligere. Basert på utførte grunnundersøkelser har vi utført en evaluering av faregrad i henhold til NVEs retningslinjer 2/2011, vedlegg 1 (Teknisk veiledning) fra april 2011.

Vi velger å betrakte området sør for Norddalselva som en adskilt sone i forhold til kvikkleiresonen som er avdekket nord for elva, på Åset-sida. Vi velger å benevne sonen i sentrum "Årnes".

4.2 Utbredelse av kvikkleire og sprøbruddmateriale

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrering av fjell i dagen og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av kvikkleiras utbredelse. Dette har resultert i et forslag om kvikkleiresonens utbredelse nord og vest på Årneset. Grensen mot sone "Åset" legges til midt i Norddalselva. Forslaget til kvikkleireavgrensning er vist på borplanen, tegning nr. 414653-1. Følgende vurderinger ligger til grunn for grenselinjene:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderinga. Plassering av borpunkt er vist på borplanen.
- Sonen er trukket ut i fra de registrerte boringene med kvikkleire/sprøbruddegenskaper.

4.3 Faregradsevaluering

Det er utført faregradsevaluering for den aktuelle Årnes-sonen for dagens situasjon. Planlagt utbygging forventes ikke å ha innvirkning på faregradsevalueringen. Faregradsevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 "Vurdering av risiko for skred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire".

Evalueringen er utført iht. tabell 4.1 og 4.2 under.

Tabell 4-1: Tabell 4.1 Grunnlag for evaluering av faregrad, hentet fra ref. /7/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	> 30	20 - 30	15 - 20	< 15
Tidligere/ nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	> 2,0
Poretrykk Overtrykk, kPa	+3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	> -50	- (20 – 50)	- (0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2 – H/4	< H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	> 100	30 - 100	20 - 30	< 20
Erosjon	3	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum poeng		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Faregradsklassene er inndelt tre faresoner iht. ref. /7/ NGI-rapport 20001008-2 Rev. 3 (2008). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire.

- Faregradklasse lav: Poengverdi fra 0 til 17
- Faregradklasse middels: Poengverdi 18 til 25
- Faregradklasse høy: Poengverdi 26 til 51

Tabell 4-2: Faregradsevaluering av faresonen, "Årnes" utført iht. *ref. /7/*.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	1	1	Lite kjent tidligere skredaktivitet
Skråningshøyde	2	0	0	Total høydeforskjell fra kote +12 til kote -1 (elvebunn) på planområdet helt i nordøst.
OCR	2	3	6	Basert på tolking av CPTU-sonderinger og øvrige data vurderes området å være lite overkonsolidert med OCR mellom 1,0 og 1,2.
Poretrykk	3/-3	1	3	Poretrykksmålinger indikerer tilnærmet hydrostatisk poretrykk, men tar høyde for litt overtrykk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Kvikkleiremektighet til opp til 9 m tykkelse
Sensitivitet	1	3	3	Sensitiviteten er for enkeltprøver målt til $S_r = 123$
Erosjon	3	2	6	Erosjon ved gammel-brua, ellers lite. Strakstiltak utført.
Inngrep	3/-3	1	3	Planlagt utbygging vil ha liten innvirkning på stabiliteten.
Poengverdi			28	Gir faregradsklasse "høy"

Faregradsevalueringa gir en poengverdi på 28 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse "Høy" som omfatter soner med poengverdi fra 26 til 51 poeng jfr. *ref. /7/*. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonen, relativt sett, ha middels sannsynlighet for at skred skal inntreffe.

5. Skredtype og maksimal utbredelse av skred

5.1 Generelt

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sonen kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse i sonen et skred kan medføre.

5.2 Skredtype

Basert på topografi og grunnforhold finner vi at mest sannsynlig skredtype i elveskråningen er rotasjonsskred som i neste fase kan utvikle seg retrogressivt og berøre større arealer bakover i kvikkleiresonen. Skredmasser vil ha utløp nedover Norddalselva.

5.3 Utbredelse av skred

Total utbredelse av skred kan vest for Årnesbrua på Fv715 i prinsippet bli omtrent som kvikkleireutbredelsen i tegning 414653-1. I realiteten vil det bli noe mindre da kvikkleirelaget delvis stikker dypere innover neset, og dermed umuliggjør en videre skredutvikling på grunn av at skredet lukkes av overliggende masser. Dessuten blir også drivende krefter mindre enn stabiliserende etter hvert.

På nordsiden av Årneset, øst for Årnesbrua på Fv715, vil et rotasjonsskred i profil **1** ikke utvikle seg videre. Dette på bakgrunn av dybde og mektighet av kvikkleirelaget, se tegning nr. 414653-101 og -301.1.

6. Materialparametere

6.1 Generelt

Tolkning av parametere er utført på basis av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier. Det er spesielt lagt vekt på spesialforsøkene samt tolkning av skjærstyrke og stivhetsparametere fra CPTU-sonderingene.

6.2 Kvalitet av undersøkelser

Prøvetaking av leire med 54 mm stempelprøvetaker vurderes å ligge i Kvalitetsklasse 1–2. Prøvekvalitet på utførte treaksialforsøk er gjengitt i Tabell 6-1.

Vurdering av prøve kvalitet er blant annet basert på målt volumtøyning i konsolideringsfasen i treaksialforsøk, i henhold til tabell 5.1 i *ref. /3/*.

Utførte CPTU-målinger vurderes generelt å være av god kvalitet og klassifiseres i Anvendelsesklasse 1 med hensyn på friksjon og poretrykk, og i klasse 2 mhp. spissmotstand.

Tabell 6-1 Prøvekvalitet på utførte treksialforsøk.

Borpunkt	Dybde (m)	Volumtøyning (%)	OCR (CPTU-forsøk)	Kvalitet
BP2	15,55	10,15	1 -2	Forstyrret
BP13	2,4	2,18	2-3	Akseptabel
BP13	4,2	2,84	1-1,2	Perfekt

6.3 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag for en valgt gjennomsnittlig verdi i topplaget av sand/grus på 18,5 kN/m³ i BP2 (profil 2) og 19 kN/m³ i BP4 (profil 4). For øvrig er det benyttet en gjennomsnittlig verdi på 20 kN/m³. Se tegning nr. 414653 -10 t.o.m. - 15 for geotekniske data.

6.4 CPTU og poretrykk

I tolkning av CPTU-sonderingene er følgende poretrykk er lagt til grunn:

- **BP.2:** Hydrostatisk poretrykk fra ca. 4,7 m under terreng.
- **BP.5:** Hydrostatisk poretrykk fra ca. 5 m under terreng.

6.5 Udrenerte styrkeparametere

s_{uA} fra treksialforsøk

Den aktive udrenerte skjærstyrken fra treksialforsøk er tatt ut ved brudd på ca. 1,5% - 2% tøyning. Prøven fra borpunkt 2, dybde 15,55m, viser en aktiv skjærstyrke på 70 kPa og fra borpunkt 13, dybde 2,4m og 4,2m, på ca. 18-19 kPa.

s_{uA} fra CPTU

For valg av udrenerte parametere er det i hovedsak benyttet tolkninger fra CPTU-sondering 2 og 4. I tillegg til CPTU-sonderinger, er styrkeparametere for udrenert skjærstyrke tolket fra treksialforsøk utført på sylinderprøve fra borpunkt 2 og 13. Tolkning fra CPTU 2 og 4 er vist i tegning nr. 414653-40.1 til - 50.9, mens tolkning fra treksialforsøkene er vist i tegning nr. 414653-70.1 til - 90.6.

Tolkning av CPTU-dataene gir aktiv udrenert skjærstyrke S_{uA} på bakgrunn av $N_{\Delta u}$ og N_{kt} , basert på korrelasjoner mot tidligere resultater fra blokkprøver. Det er benyttet en B_q -korrelasjon både på poretrykks- og spissmotstandsbasis.

Metode basert på poretrykk, Δu

$$s_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}}$$

der, Δu = $u_2 - u_0$, registrert poreovertrykk i CPTU

$N_{\Delta u}$ = tolkningsfaktor på poretrykksbasis

Tolkning av CPTU er basert på $N_{\Delta u}$ bestemt ut fra korrelasjoner mot B_q samt korrelasjoner mot OCR, S_t og I_p basert på erfaringsverdier korrelert mot aktive treaksialforsøk.

Følgende korrelasjoner er benyttet:

	Empirisk middelvariasjon i B_q
Leire ($S_t < 15$)	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$
Kvikkleire/ sprøbruddmateriale ($S_t > 15$)	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_n}$$

der, q_n = netto spissmotstand

Det er benyttet tolkning for sensitivitet større enn 15 for hele profilet.

Metode basert på spissmotstand, q_t

For sammenligning er det tatt med tolkning av CPTU på spissmotstandsbasis. På spissmotstandsbasis bestemmes S_{uA} som:

$$S_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_{kt}} = \frac{q_n}{N_{kt}} = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{8,5 + 2,5 \cdot \log(OCR)}$$

- der, q_t = korrigert spissmotstand
 q_n = Netto spissmotstand
 σ_{vo} = insitu vertikal overlagringstrykk
 N_{kt} = bæreevnemfaktor/kontaktfaktor
OCR = Overlagringsgrad, tolket fra CPTU = σ_c' / σ_{vo}
 σ_c' = Prekonsolideringspenning

N_{kt} er bestemt ut i fra følgende prosedyrer:

	Empirisk middelvariasjon i B_q
Leire ($S_t < 15$)	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$
Kvikkleire/sprøbruddmateriale ($S_t > 15$)	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$

Tegning nr. 414653-40.5 til -40.6 og 414653-50.5 til -50.6. viser de tolkede skjærstyrkeprofilene med valgt karakteristisk designverdi. Designverdiene er redusert med 15 % for S_{uA} iht. NVEs retningslinjer ref. /3/.

6.6 Udrenert skjærstyrke modellert etter SHANSEP-prinsippet

Udrenert skjærstyrke er nært relatert til insitu effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad. Udrenert skjærstyrke øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av overkonsolideringsgraden. Udrenert skjærstyrke avhengig av overkonsolideringsgraden kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet, *ref. /4/ og /5/*:

$$s_u^A = \alpha \cdot OCR^m \cdot \sigma_o' \text{ (Design profil)}$$

der,

- α = Normaliser styrke av helt ung leire (OCR=1)
- m = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leira og forsøkstype.

I tolkningen er det valgt å bruke $\alpha = 0,25$ og $m = 0,85$.

Effektivspenningsparameterne, a (attraksjon) og $\tan \phi$ (friksjon) er dels valgt fra erfaringsverdier, dels tolket fra treaksialforsøk og CPTU-resultater. Utskrift av beregnet udrenert skjærstyrke etter SHANSEP-prinsippet er vist på tegning nr. 414653 -40.6 og -50.6.

6.7 Anisotropi

Det er ikke utført passive treaksialforsøk. Anisotropiforholdet er derfor basert på erfaringstall. På grunn av den lave plastisitetsindexen, viser erfaringstall at det er relativt lave anisotropiforhold i kvikkleira.

ADP-faktorer i kvikkleire/leire er basert på erfaringstall fra tidligere laborieforsøk på høykvalitets prøver, bl.a. presentert av Karlsrud et. al *ref. /1/ og /4/*. For silt er det generelt få erfaringer på anisotropiforhold på høykvalitetsprøver. Et unntak er resultatene fra blokkprøver utført ved prosjekteringen ved nye E6 Trondheim *ref. /2/*. Tabell 6-2 viser verdier som er benyttet i beregningene.

Tabell 6-2: Anisotropiforhold.

Materiale	s_u^{DSS} / s_u^A [-]	s_u^P / s_u^A [-]
Leire og silt	0,7	0,4
Kvikkleire	0,6	0,3

6.8 Bestemmelse av effektive skjærfasthetsparametere

Effektivspenningsparametere er basert på erfaringsverdier fra SVV håndbok 016, *ref. /8/* og treksialforsøk.

Tørskorpe

Erfaringsverdier fra *ref. /8/* har blitt brukt i tørskorpen, som hovedsakelig består av sand/grus. Friksjonsvinkelen er satt til $\phi = 37,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,75$) og attraksjon $a = 0$ kPa.

Leire og kvikkleire

Erfaringsverdier fra *ref. /8/* har også blitt brukt for friksjonsvinkelen i leiren siden treksforsøket fra borpunkt 2 anses å være forstyrret. Friksjonsvinkelen for leiren er satt til $\phi = 30,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,58$). Treksialforsøk i borpunkt 13 gir en friksjonsvinkel ved ca. 1,5% - 2% tøyning, på $\phi = 27,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,52$) ved 2,4 m dybde og $\phi = 24,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,45$) ved 4,2m dybde. I beregningene har vi benyttet $\phi = 23,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,42$). Attraksjonen er valgt til 10 kPa for begge tilfeller.

Silt

Samme parametere som for leirlaget.

Sand/silt

Erfaringstall tilsier friksjonsvinkel på $\phi = 33,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,65$) og attraksjon $a = 0$ kPa. I beregningene for profil 1, 2 og 4 er det imidlertid benyttet en friksjonsvinkel på $\phi = 30,0^\circ$ ($\tan \phi = 0,58$). Dette har liten/ingen innvirkning på beregnet sikkerhetsfaktor.

Valgte skjærstyrkeparametere benyttet ved beregningene er angitt i Tabell 6-4 og Tabell 6-5.

6.9 Materialparametere

Grunnvannstanden i Norddalselven er antatt å ligge på samme nivå som den laveste registrerte vannstanden i elven, som er ved ca. kote -1,5. Der terrenget ligger høyere enn kote -0,5, er grunnvannet lagt ved ca. kote 0. Tabell 6-3, Tabell 6-4 og Tabell 6-5 oppsummerer materialparametere som er benyttet i beregningene for profil 1, 2, 4 og 5.

Tabell 6-3: Lagdeling med styrkeparametere for profil 1, 2, 4 og 5.

Lag	Material	Tyngdetetthet [kN/m ³]	Friksjonsvinkel [°]	Attraksjon [kPa]
1	Sand/Grus	18,5*	37	0
2	SILT med leirlag	20	30	10
3	SILT med sandlag	20	30	10
4	SAND og silt	20	30	10
5	KVIKKLEIRE	20	23	10
6	SAND og silt	20	30	10

* Tyngdetettheten er valgt til 19 kN/m³ i sand/gruslaget for profil 4 og 5.

Skjærstyrkeprofilene i profil 1 og 2 er basert på CPTU-sonderingen fra borpunkt 2, mens skjærstyrkeprofilene i profil 4 og 5 er basert på CPTU-sonderingene fra borpunkt 4. Knekkpunktene i Su -profilene som er basert på CPTU 2 er modellert ved å justere den aktive-, direkte-, og passive skjærstyrken. Iht. NVEs retningslinjer skal Su_a profilene ytterligere redusere med 15% i kvikkleiren, ref. /3/. Skjærstyrken for profil 1 og 2 er oppsummert i Tabell 6-4 og Tabell 6-5.

Tabell 6-4: Skjærstyrke design for profil 1.

Kommentarer	Dybde i su-profil	Dybde i profilet	Designlinje funksjon for udrenert skjærstyrke, Su_a	Su_a reduksjon i kvikkleiren	%vis red. av anisotropi faktorene	Designlinje brukt i geosuite
[-]	[m]	[m]	$Su_a = k + b \cdot x$ [kPa]	[%]	[%]	-
Overliggende masser, antatt NC.	-	5-10	$30+4 \cdot (z-5)$	-	-	Su_a
Øvre del av su-profil	5-12,2	10-17,2	$50+4,2 \cdot (z-5m)$	-	-	Su_a
Drenert lag	12,2-13,2	17,2-18,2	80	-	-	80
Nedre del av su-profil, fra kvikkleirelaget. Følger shanseplinten med dybden.	13,2-22	18,2-27	$68+1,36 \cdot (z-13,2m)$	15	15	$Su_a / 0.85$

For Su -profilen i elvebunnen er det antatt at tidligere terreng har ligget 6m over elvebunnen. Profilet følger shanseplinten. Samme reduksjon av anisotropi faktorene, som nevnt ovenfor, har blitt antatt for de aktuelle lagene.

Tabell 6-5: Skjærstyrke design for profil 2.

Kommentarer	Dybde i su-profil	Dybde i profilet	Designlinje funksjon for udrenert skjærstyrke, Su_a	Su_a reduksjon i kvikkleiren	%vis red. av anisotropi faktorene	Designlinje brukt i geosuite
[-]	[m]	[m]	$Su_a = k + b \cdot x$ [kPa]	[%]	[%]	-
Overliggende masser, antatt NC.	-	5-10	$30+4 \cdot (z-5)$	-	-	Su_a
Øvre del av su-profil	5-10,5	5-10,5	$50+4,2 \cdot (z-5m)$	-	-	Su_a
Drenert lag	10,5-13,5	10,5-13,5	75	-	-	75
Nedre del av su-profil, fra kvikkleirelaget. Følger shanseplinten med dybden.	13.5-16.5	13.5-16.5	$57+2,4 \cdot (z-13.5m)$	15	24	$Su_a / 0.76$

For Su -profilen i elvebunnen er det antatt at tidligere terreng har ligget 6m over elvebunnen. Profilet følger shanseplinten. Samme reduksjon av anisotropi faktorene, som nevnt ovenfor, har blitt antatt for de aktuelle lagene.

I profil 4 og 5 er det benyttet lineare skjærstyrkeprofiler fra CPTU 4, for hele dybden. Siden terrenget i profil 5 ligger på ei høyere kote enn terrenget der CPTU 4 har blitt utført, har vi antatt at de overliggende massene er normal konsoliderte. Designlinjefunksjonen, basert på CPTU 4, er som følgende:

$$Su_a = 35 + 2 \cdot (z - 5m) \text{ kPa}$$

I profil 4 er det antatt at tidligere terreng har ligget ca. 7m over elvebunnen, mens i profil 5 er det antatt at tidligere terreng har ligget ca. 10m over elvebunnen. Begge Su-profilene i elvebunnen følger shanseplinjen med gjeldende overlaging.

Også her er Su_a profilene ytterligere redusert med 15% i kvikkleiren, ref: /3/.

7. Stabilitet

7.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet "GeoSuite Stability" versjon 5.0.5 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

7.2 Metodikk

Det er benyttet en totalspenningsanalyse med aktiv-, direkte-, og passiv skjærstyrke (ADP) for vurderingen av sikkerhet mot dype utglidninger som berører kvikkleira. I tillegg er det utført en effektivspenningsanalyse med drenerte parametere i alle lag for vurdering av overflatestabiliteten.

For ADP-beregningene er det benyttet udrenerte materialer, utenom i sand/grus laget. Sand- og silt lagene over kvikkleiren er modellert med lineært økende Su_a -styrke, der kvikkleirelaget er modellert med Su_a -styrke lik $0,85 \cdot Su_a$. I a ϕ -beregningene er det benyttet drenerte materialer i alle lag. Eventuelle plane glideflater og glideflater med tilfredsstillende eller høyere sikkerhet enn de mest kritiske glideflatene har blitt vurdert men er ikke vist på tegningene.

7.3 Beregninger

Det er utført beregninger for 4 profiler, profil **P1-P1**, **P2-P2**, **P4-P4** og **P5-P5**. Disse profilene er antatt å være mest kritiske på bakgrunn av grunnforhold og topografi. Plassering av beregningsprofilene er vist på tegning nr. 414653-1.

Beregningene viser at det er behov for stabiliserende tiltak. Vi har derfor gjort en utredning av stabiliserende tiltak som må gjennomføres for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet. Tiltakene som foreslås er nærmere beskrevet i kapittel 7.4. Beregninger for drenert og udrenert tilstand for dagens situasjon og etter foreslåtte tiltak er vist på tegning nr. 414653-301.1 til -305.6.

I Tabell 7-1 er beregnet sikkerhetsfaktor mot utglidning for de forskjellige beregningene oppsummert.

Tabell 7-1: Beregnende sikkerhetsfaktorer.

Tegnings nr.	Profil	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_m for kritisk skjærflate	Krav til %-vis forbedring
414653-301.1	Profil 1-1	Dagens tilstand	ADP-analyse	0,99	15
414653-301.2	Profil 1-1	Dagens tilstand	a ϕ -analyse	1,4	-
414653-302.1	Profil 2-2	Dagens tilstand	ADP-analyse	1,40	-
414653-302.2	Profil 2-2	Dagens tilstand	a ϕ -analyse	1,50	-
414653-304.1	Profil 4-4	Dagens tilstand	ADP-analyse	0,88	15
414653-304.2	Profil 4-4	Dagens tilstand	a ϕ -analyse	1,02	15
414653-305.1	Profil 5-5	Dagens tilstand	ADP-analyse	0,87	15
414653-305.2	Profil 5-5	Dagens tilstand	a ϕ -analyse	1,09	15

* Sirkler som ikke går gjennom kvikkleirelaget antas å ikke være mer kritisk enn sirkler som går gjennom kvikkleirelaget, men som har høyere sikkerhet.

7.4 Stabilitetsvurdering

I henhold til tabell 3.1 i *ref. /3/* plasseres tiltaket i Tiltakskategori K3. ”Tiltak som innebærer tilflytning av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner”. Videre er kvikkleiresonen vurdert til å ha faregrad Høy. Det stilles derfor krav om dokumentert sikkerhet på $\gamma_M \approx 1,4$ eller vesentlig forbedring.

Utførte beregninger viser at sikkerheten er tilfredsstillende både for drenert og udrenert tilfelle i profil 2, se Tabell 7-1.

Videre viser stabilitetsberegningene en **ikke** tilfredsstillende sikkerhet av skråningene for både det drenerte og udrenerte tilfellet i profil **1**, **4** og **5**. I henhold til NVEs retningslinjer må det derfor utføres stabiliserende tiltak som enten dokumenterer en sikkerhet på $\gamma_M \approx 1,4$ eller en prosentvis forbedring av stabiliteten med 0-15% iht. figur 3.1 i NVE *ref. /3/*.

Hovedårsaken til den lave sikkerheten er erosjonen av masser som over lang tid har skjedd langs Årnes-siden av Norddalselva. Erosjonen har skjedd langs skråningsfoten og dermed øker faren for en initialglidning og videre retrogressiv bruddmekanisme, dvs. bakovergripende glidning. Det er utført noe forbygningstiltak nedstrøms gamlebrua tidligere, men ved selve brua har det pågått kraftig erosjon de senere årene.

7.5 Tiltaksvurdering

7.5.1 Strakstiltak

Siden profil **4** ved gamlebrua hadde en oppsiktsvekkende lav sikkerhet, også på drenert analyse (a ϕ), vurderte vi det som nødvendig å gjennomføre et strakstiltak. Oppmålinger som ble utført av Åfjord kommune viste et ”erosjonshull” med laveste elvebunn ned mot kote -5.

Den gamle brua har de senere år vært benyttet som gang- og sykkelveg bru, men har nå vært stengt for trafikk på grunn av dårlig tilstand. Blant annet er landkaret på Årnes-sida undergravd slik at det ikke er masse omkring øverste del av pelene som bærer en treflate og det murte landkaret.

Strakstiltaket ble planlagt, og utført, i samarbeid med Åfjord kommune. Ei fylling bestående av samfengt grus og sprengstein ble plassert på elvebunnen, langs skråningsfoten og ut til dypålen i elva. Prinsippet var at samfengt grus skulle legges ut først fordi denne ville ”flyte

ut" på en måte som sikret mot lokal overbelastning av elvebunnen. Deretter ble denne fyllingen hovedsakelig plastret med samfengt sprengstein.

Utførende entreprenør var Tore Løkke AS, og arbeidene ble gjennomført uten uhell / utrasninger. Det ble utført geometrisk kontroll underveis, og disponeringen av masser ble justert ihht dette. Nye stabilitetsberegninger har i etterkant vist at den nye sikkerheten fortsatt ikke tilfredsstillende NVEs krav, og at det dermed er behov for supplerende tiltak. Strakstiltakene er vist i tegning nr. 414653-304.3 og 304.4.

7.5.2 Permanente stabiliseringstiltak

Vår konklusjon på utførte beregninger er at det må utføres stabiliserende tiltak i området, også ved gamlebrua der strakstiltaket ble gjennomført før jul 2011.

Vi har også utført beregninger der stabiliserende tiltak i form av terrengendringer er benyttet. Disse viser at ved å tilføre fyllmasser på elvebunn langs skråningsfoten i profil 4 vil det være mulig å oppnå 15% forbedring av sikkerheten. I områdene ved profil 1 og 5 vil det i tillegg være nødvendig å slake ned skråningen til ca. 1:2,5 eller slakere. Dette kan gjøres ved å legge en støttestilling utenfor eksisterende skråning. Alternativt kan man slake ut eksisterende skråning, eller helst gjøre en kombinasjon av disse alternativene. Det er ikke nødvendig med stabiliserende tiltak i området ved profil 2.

Stabilitetsforholdene i området profil 4 og 5 vurderes å være så kritisk at supplerende tiltak bør prioriteres. Dette området defineres som strekningen fra ca. 50 meter nedstrøms profil 5 og opp til midt mellom gamlebrua og Årnesbrua på Fv715 der det er dannet en terskel tvers over elva etter de siste åras flomsituasjoner, spesielt etter flommen i 2006. Denne strekningen er totalt ca. 150 meter lang.

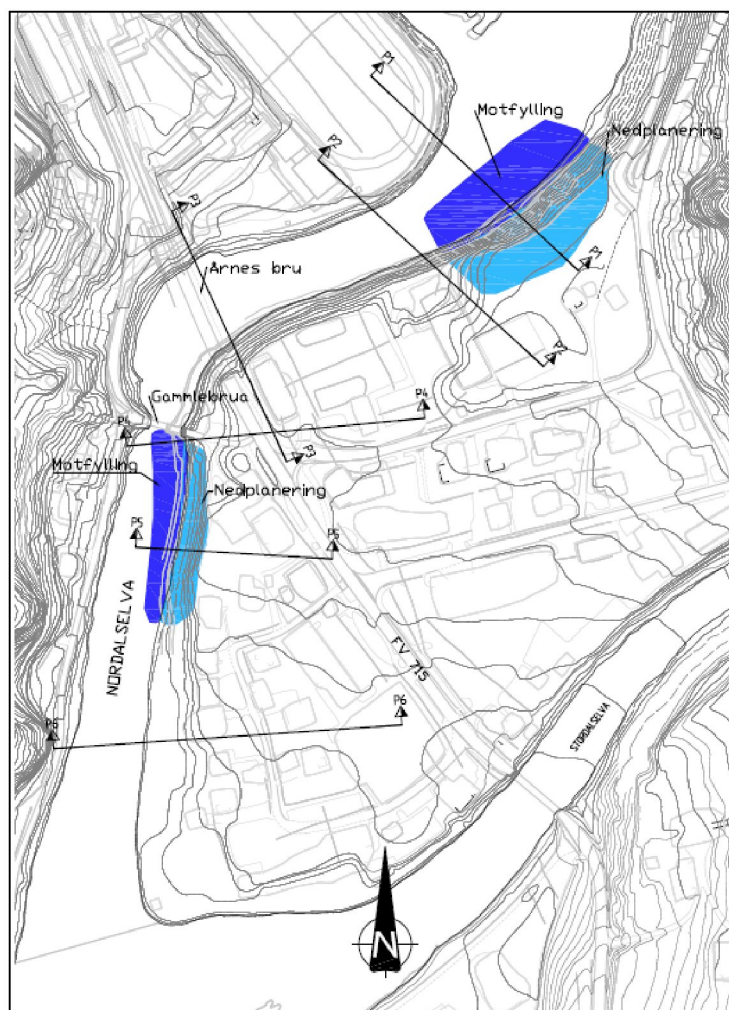
De stabiliserende tiltakene er vist prinsipielt i tegning nr. 414653-301.3, -301.4, -304.3, -304.4, -304.5, -304.6, -305.3, -305.4, -305.5 og -305.6.

Tiltakene må diskuteres med kommunen og øvrige grunneiere i området, for å komme frem til terrengutforming som medfører minst mulig ulemper for eiendommer og bruk av området. Etablering av en gangpromenade ved elvebredden, slik det er gjort langs elva forbi Åset skole, vil være en gunstig måte å utforme terrenget på også på denne strekningen, se profiltegning 414653-305.5 der en slik promenade kan legges på nivå ca. kote 2,5 (ved boring nr. 13 i dette profilet). Tiltakene må detaljprosjekteres med støtte fra geoteknisk fagkyndig for å sikre tilstrekkelig grad av sikkerhetsøkning.

Tabell 7-2 viser den representative forbedringen av γ_M , etter at foreslåtte stabiliserende tiltak har blitt utført. Figur 7-1 illustrerer omfanget av tiltakene.

Tabell 7-2: γ_m etter at stabiliserende tiltak har blitt gjennomført

Tegnings nr.	Profil	Analyse	Krav til %-vis forbedring	Sikkerhetsfaktor γ_m for kritisk skjærflate	Min. oppnådd %-vis forbedring
-301.3	Profil 1-1, m/tiltak	ADP-analyse	15	1,14	15
-301.4	Profil 1-1, m/tiltak	$\alpha\phi$ -analyse	-	1.62	15,7
-304.3	Profil 4-4, m/strakstiltak	ADP-analyse	15	0,92	4,5
-304.4	Profil 4-4, m/strakstiltak	$\alpha\phi$ -analyse	15	1,11	8,8
-304.5	Profil 4-4, m/tiltak	ADP-analyse	15	1,11	15,6
-304.6	Profil 4-4, m/tiltak	$\alpha\phi$ -analyse	15	1,82	78
-305.3	Profil 5-5, m/tiltak alternativ A	ADP-analyse	15	1,09	16
-305.4	Profil 5-5, m/tiltak alternativ A	$\alpha\phi$ -analyse	15	1,63	33,6
-305.5	Profil 5-5, m/tiltak alternativ B	ADP-analyse	15	1,09	16
-305.6	Profil 5-5, m/tiltak alternativ B	$\alpha\phi$ -analyse	15	1,57	18



Figur 7-1: Omfang av tiltak.

7.6 Gang- / sykkelveg bru (gammlebrua)

Denne ”gammlebrua” har nå vært stengt for trafikk, som nevnt i kapittel 7.5.1 foran. Før den eventuelt kan repareres og tas i bruk igjen, så må landkaret på sentrum-siden sikres og utbedres. Det må i den forbindelse sikres at konstruksjonen er slik at lastene fra det murte landkaret kan overføres til trepælene, og videre at disse er i tilstrekkelig god stand til å gi en planlagt/ønsket rest-levetid. Dessuten må masse tilføres under eksisterende treflåte, slik at en stabil fylling ut i elva er medvirkende til tilstrekkelig horisontal støtte for pelene. Slik situasjonen er i dag, er trolig stålbjelkene med å sikrer at landkaret på sentrum-siden ikke ramler ut i elva. Vår vurdering er at dette vil bli et krevende og kostbart arbeid for å sette brua i stand til bruk igjen.

Nødvendige arbeider må imidlertid beskrives og kostnaden estimeres for å kunne vurdere dette tilstrekkelig, og evt. sammenligne kostnadene med f eks en helt ny bru over elva.

Når det gjelder landkaret på vestsida, så står det på fjell og ser ut til å være i god stand.

7.7 Forhold ved videre utbygging

I forbindelse med eventuelle bygge- eller anleggs-messige tiltak på Årneset som medfører endringer i terreng eller lastbilde nær eller i elveskråningen, eller ved dypere utgravinger, må grunn- og stabilitetsforhold vurderes nærmere.

Slike vurderinger kan avstedkomme behov for supplerende grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger og evt. stabiliserende tiltak. Kritiske forhold vil spesielt være relatert til tiltak som medfører økt belastning ved skråningstopp, og ved evt. inngrep i elveskråningens nedre del.

I reguleringsområdet bør det kreves at alle tiltak som er søknadspliktige etter Plan- og Bygningsloven, skal kontrolleres og godkjennes av geotekniker.

8. Kilder

- /1/ Karlsrud, K. et al. (2005). *CPTU correlations for clays*. Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 - 702.
- /2/ Tørum E., Sandven R., Hovem S.G. og Rønning S. (2008). *E6 Trondheim, løsmassetunnel-parametertolkning fra blokkprøving og CPTU*. NGM 2008.
- /3/ NVE nr 2/2011; *Flom og skredfare i arealplaner*.
- /4/ Karlsrud, K. (2003). *Tolkning og fastlegging av jordparametere. Karakteristisk jordprofil*. NGF-kurs. Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger, innlegg 20-22 mai 2003, Hell.
- /5/ Ladd, C.C., and Foott, R. (1974). *New design procedure for stability of soft clays*. J. of the Geotech. Eng. Div., 100 (GT7), 763-786.
- /6/ Karlsrud K. Lunne T. & Brattlien K. (1996) *Improved CPTU correlations based on block samples*. Proceedings, NGM 1996, Reykjavik.
- /7/ NGI-rapport 20001008-2 Rev. 3 (2008). *Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire*.
- /8/ SVV Håndbok 016 (2010), *Geoteknisk vegbygging, Kap.2 Laboratorieforskene-Geotekniske parametere*.

Arkivreferanser:

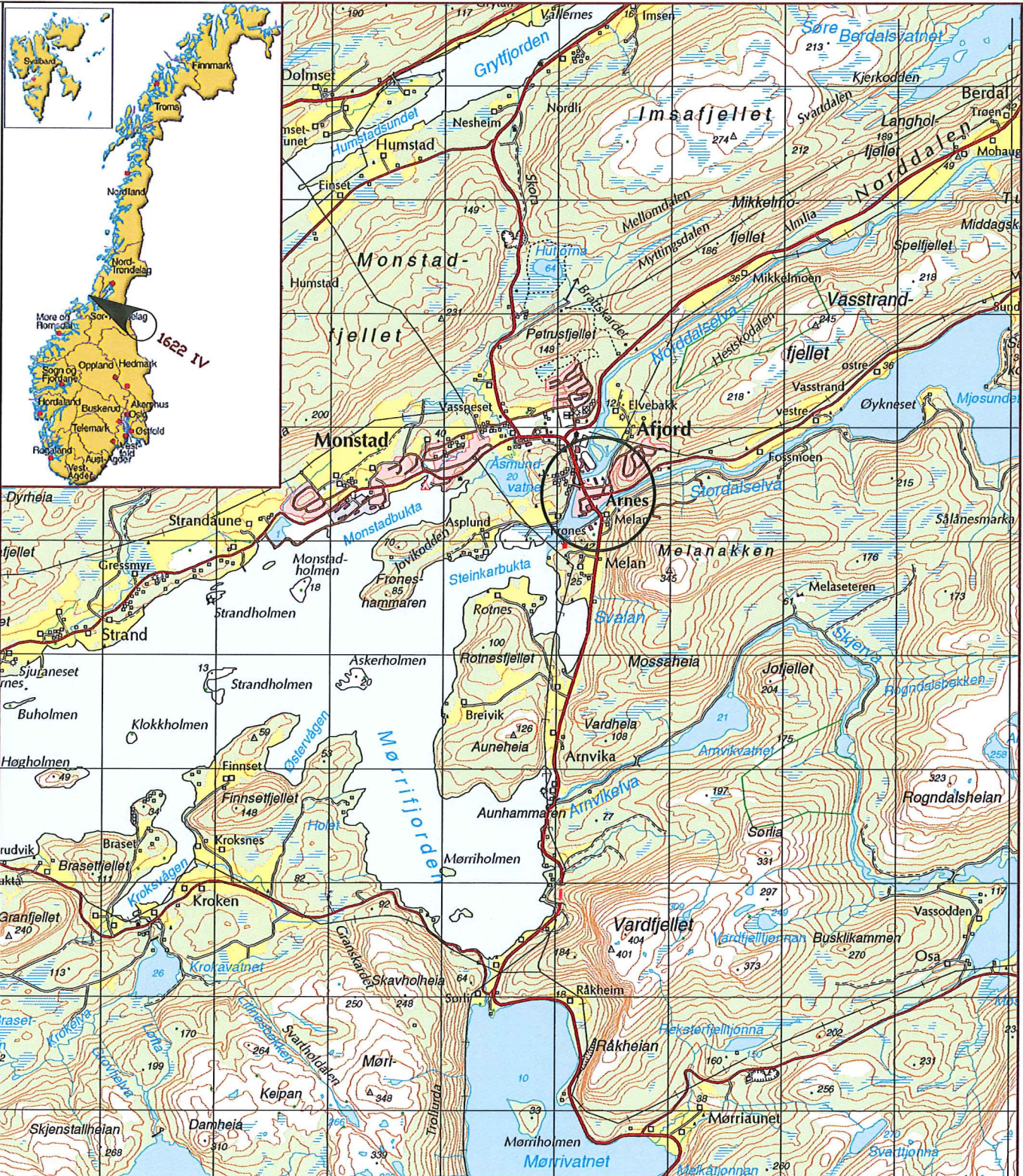
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:			
Land/Fylke:	Sør Trøndelag	Kartblad:	1622 IV
Kommune:	Åfjord kommune	UTM koordinater, Sone:	32V
Sted:	Årnes	Øst:	5600 Nord: 7093

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)
 Intern
 Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument 30.mai 2012		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	20.02.12	MIAB	22.06.12	MIAB	24.08.12	<i>MIAB</i>		
	Kontrollert	20.02.12	SGH	22.06.12	SGH	24.08.12	<i>SGH</i>		
Grunnlagsdata	Utarbeidet	20.02.12	MIAB	22.06.12	MIAB	24.08.12	<i>MIAB</i>		
	Kontrollert	20.02.12	SGH	22.06.12	SGH	24.08.12	<i>SGH</i>		
Teknisk innhold	Utarbeidet	20.02.12	MIAB	22.06.12	MIAB	24.08.12	<i>MIAB</i>		
	Kontrollert	20.02.12	SGH	22.06.12	SGH	24.08.12	<i>SGH</i>		
Format	Utarbeidet	20.02.12	MIAB	22.06.12	MIAB	24.08.12	<i>MIAB</i>		
	Kontrollert	20.02.12	SGH	22.06.12	SGH	24.08.12	<i>SGH</i>		
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)						Dato:	Sign.:		
						<i>24.08.2012</i>	<i>[Signature]</i>		



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Original format A4	Fag Geoteknikk		
	Oversiktskart	Tegningens filnavn 414653-0.dwg			
		Underlagets filnavn 0-tegning Åfjord.dwg			
		Målestokk			
		1: 50000			
MULTICONSULT AS	Dato 10.03.2011	Konstr./Tegnet JMP	Kontrollert SGH	Godkjent OP	
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 0	Rev.	—	



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING ✱ FJELLKONTROLLBORING ◎ PRØVESERIE + VINGEBORING
- ENKEL SONDERING ⊕ KJERNEBORING □ PRØVEGRØP ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ▼ RAMSONDERING ⚡ DREIETRYKKSONDERING ▽ TRYKKSONDERING ⚒ FJELL I DAGEN
- ⊕ TOTALSONDERING ☒ SKRUPLATEFORSØK
- Ⓜ TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE Ⓜ BØRET DYBDE + (BØRET I FJELL)
ANTATT FJELLKOTE

BORBOK NR: 23784
 LAB.BOK NR: 2201
 KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA KOMMUNEN
 UTGANGSPUNKT FOR HØYDER: NN 2000
 KOORDINATSYSTEM: UTM EUREF 89, SONE 32

SONDERINGENES PLASSERING PÅ KARTET ANGIR EKSAKT PLASSERING I TERRENG.

☒ KVIKKLEIRESONE ARNES
 OMRÅDE MED SPRØBRUDDMATERIALE

TIDLIGERE BORINGER:

- 412383-X: BORINGER FRA MULTICONSULT, RAPPORT NR r412383-02 (29.JULI 2008)– ÅSET SKOLE
- 413960-X: BORINGER FRA MULTICONSULT, RAPPORT NR r413960-1 (15.januar 2010)– NY MÆLAN BRU
- 413977-X: BORINGER FRA MULTICONSULT, RAPPORT NR r413977-1 (20.januar 2010)– REGULERINGAPLAN, ØVRE ARNES
- 413982-X: BORINGER FRA MULTICONSULT, RAPPORT NR r413982-1 (8.mars 2010)– BADEANLEGG ARNES

A	Revidert området med sprøbruddmateriale	23.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Afjord kommune Arnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Original format A3	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 414653-1.dwg			
		Underlagets filnavn kartunderlag.dwg			
	Borplan	Målestokk			
		1:2000			
MULTICONSULT AS		Dato 16.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 1	Rev. A	

TERRENGKOTE	+6,7 m	m DYBDE PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %				n %	O _{gl} %	ρ g/cm ³	SKJÆRFESTHET S _u (kN/m ²)					S _t	
			20	30	40	50				10	20	30	40	50		
SAND OG GRUS		noe siltig														
		5														
		finsandlag						1,90 (1,86)								4 6
SILT, leirig, finsandig humusfarget		skjellrester						1,88 (1,88)								4 6
		10														
		15						2,05 (2,03)								(30) 68
KVIKKLEIRE m/noen sandlag enk.gruskorn																

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGRØP
VB = VINGEBORING
BORBOK NR.: 23784
LAB.BOK NR.: 2201

○ NATURLIG VANNINNHold
— W_L FLYTEGRENSE
W_f — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRFESTHET
○ TRYKKFORSØK
15-5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

Åfjord kommune
Årnes, områderegulering
Grunnundersøkelser

Boring nr.

2

Tegningens filnavn

Hull 2-10.dwg

Borplan nr.

-1

Boret dato:

04.02.2011



MULTICONSULT AS

Dato 10.03.2011

Tegnet truk

Kontrollert SGH

Godkjent

OAA

Oppdragsnr. 414653

Tegningsnr.

10

Rev.

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70


TERRENGKOTE	+5,4 m ↓	m DYBDE PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER %				n %	O _{gl} %	ρ g/cm ³	SKJÆRFASTHET S _u (kN/m ²)					S _t			
			20	30	40	50				10	20	30	40	50				
GRUS,sandig	noen planterester																	
SILT,leirig,grusig	noen planterester	5																
KVIKKLEIRE	sandlag	10																
		15																

PR = PRØVESERIE
 SK = SKOVLEBORING
 PG = PRØVEGRUPP
 VB = VINGEBORING
 BORBOK NR.: 23784
 LAB.BOK NR.: 2201

○ NATURLIG VANNINNHold
 — W_L FLYTEGRENSE
 W_f — " — KONUSMETODE
 — W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
 O_{Na} = HUMUSINNHold
 O_{gl} = GLØDETAP
 ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
 ▼ OMRØRT SKJÆRFASTHET
 ○ TRYKKFORSØK
 15-5 % DEFORMASJON VED BRUDD
 + VINGEBORING
 S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK	
<h1>GEOTEKNISKE DATA</h1>	
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Boring nr. 4 Tegningens filnavn Hull 4-11.dwg
Borplan nr. -1 Boret dato: 07.02.2011	
MULTICONSULT AS Dato 10.03.2011 Oppdragsnr. 414653	
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Kontrollert SGH Godkjent OAA Rev.

TERRENGKOTE	+8,5 m ↓	DYBDE m PRØVE	VANNINHOLD OG KONSISTENSGRENSER %				n %	O _{gl} %	ρ _g g/cm ³	SKJÆRFASTHET S _u (kN/m ²)					S _t		
			20	30	40	50				10	20	30	40	50			
SAND,grov																	
GRUS,sandig																	
?																	
SILT,leirfattig,noe grusig		5															
Sandig, siltig, leirfattig, noe grusig																	
?																	
LEIRE,meget sensitiv		10															
KVIKLEIRE m/enk.sandlag										2,05 (2,08)	▼0.7 ▼0.2						35 123
		15															

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGRUPP
VB = VINGEBORING
BORBOK NR.: 23071
LAB.BOK NR.: 2183

○ NATURLIG VANNINHOLD
— W_L FLYTEGRENSE
W_f — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINHOLD
O_{gl} = GLØDETAP
ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRFASTHET
○ TRYKKFORSØK
15-5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

Åfjord kommune
Årnes, områderegulering
Grunnundersøkelser

Boring nr.

Tegningens filnavn

5

Hull 5-12.dwg

Borplan nr.

-1

Boret dato:

24.08.2011



MULTICONSULT AS

Dato 30.09.2011

Tegnet truk

Kontrollert SGH

Godkjent OAA

Oppdragsnr.

414653

Tegningsnr.

12

Rev.

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70

TERRENGKOTE	+1,2 m	DYBDE m	PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSE %				n %	O _{gl} %	ρ g/cm ³	SKJÆRFASHTHET S _u (kN/m ²)					S _t	
				20	30	40	50				10	20	30	40	50		
SAND, grusig enk. planterester																	
KVIKLEIRE enk. gruskorn		5		W _f							0,3 (2,03)	0,2 (17)	forstyrret				(42) (78)
SILT, noe leirig		10									2,00 (2,01)		forstyrret				3
		15															

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGRUPP
VB = VINGEBORING
BORBOK NR.: 23784
LAB.BOK NR.: 2201

○ NATURLIG VANNINNHold
— W_f FLYTEGRENSE
W_f — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHold
O_{gl} = GLØDETAP
ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRFASHTHET
○ TRYKKFORSØK
± 5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

Åfjord kommune
Årnes, områderegulering
Grunnundersøkelser

Boring nr.

6

Tegningens filnavn

Hull 6-13.dwg

Borplan nr.

-1

Boret dato:

08.02.2011



MULTICONSULT AS

Dato 10.03.2011

Tegnet truk

Kontrollert SGH

Godkjent OAA

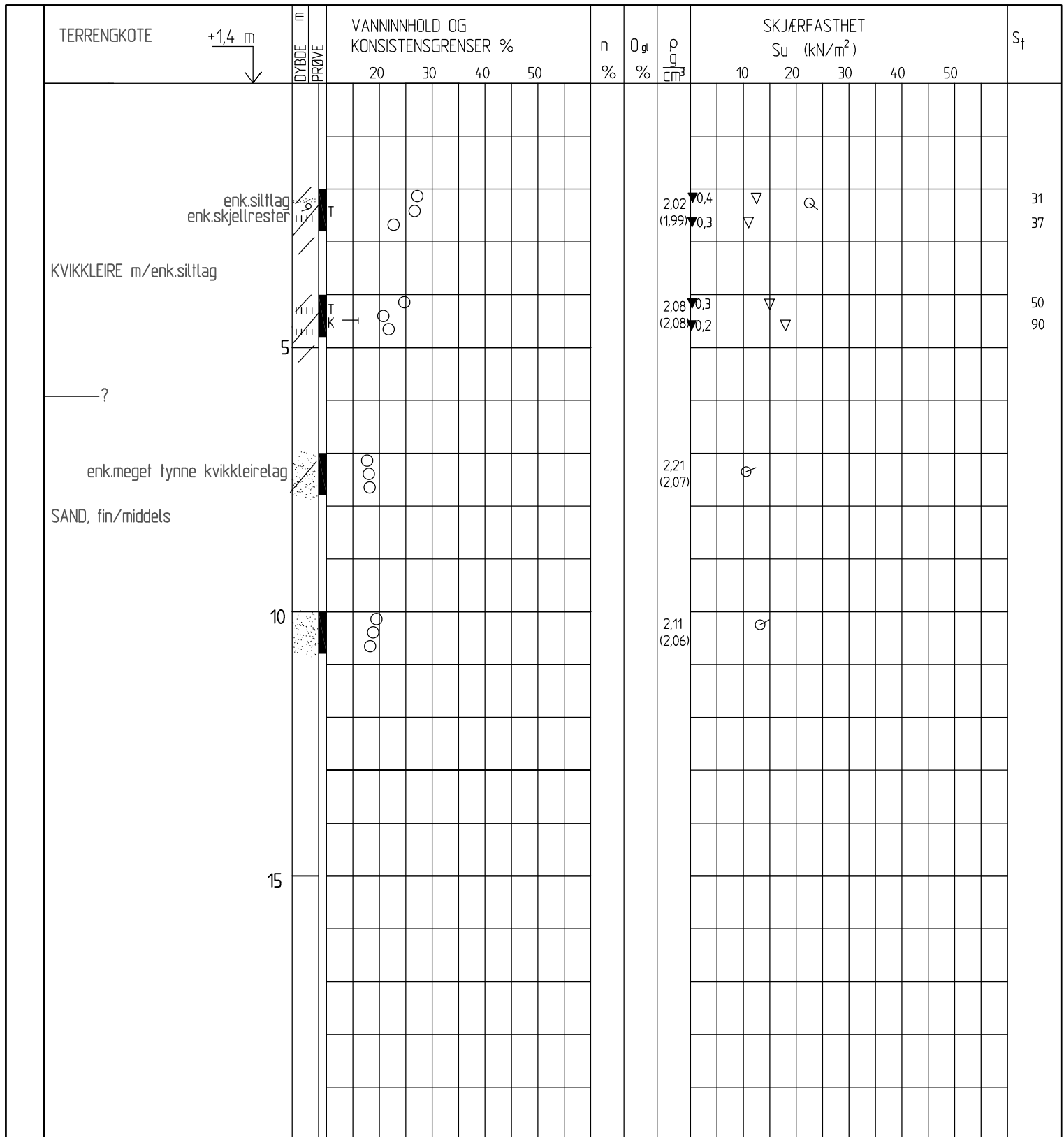
Oppdragsnr. 414653

Tegningsnr.

13

Rev.

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70



PR = PRØVESERIE
 SK = SKOVLEBORING
 PG = PRØVEGROP
 VB = VINGEBORING
 BOR.BOK NR.: 23701
 LAB.BOK NR.: 2183

○ NATURLIG VANNINHOLD
 — W_f FLYTEGRENSE
 — W_f — " — KONUSMETODE
 — W_p PLASTISITETSGRENSE


n = PORØSITET
 O_{Na} = HUMUSINHOLD
 O_{gl} = GLØDETAP
 ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
 ▼ OMRØRT SKJÆRFESTHET
 ○ TRYKKFORSØK
 ⊙ 5 % DEFORMASJON VED BRUDD
 + VINGEBORING
 S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

Åfjord kommune
 Årnes, områderegulering
 Grunnundersøkelser

Boring nr. 13	Tegningens filnavn Hull 13-14.dwg
Borplan nr. -1	
Boret dato: 22.08.2011	

MULTICONSULT AS

Dato 30.09.2011
 Oppdragsnr. 414653

Tegnet truk
 Tegningsnr. 14

Kontrollert SGH
 Godkjent OAA
 Rev.

TERRENGKOTE	+6,2 m ↓	DYBDE m PRØVE	VANNINNHOOLD OG KONSISTENSGRENSER %				n %	O _{gl} %	ρ _g g/cm ³	SKJÆRFASTHET S _u (kN/m ²)					S _t				
			20	30	40	50				10	20	30	40	50					
SAND,grusig																			
SAND,siltig,leirig noe fin grus		5																	
SAND,siltig, m/leirlag noe fin grus																			
		10																	
		15																	

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGRØP
VB = VINGEBORING
BORBOK NR.: 23701
LAB.BOK NR.: 2183

○ NATURLIG VANNINNHOOLD
— W_L FLYTEGRENSE
W_f — " — KONUSMETODE
— W_p PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET
O_{Na} = HUMUSINNHOOLD
O_{gl} = GLØDETAP
ρ = DENSITET

▽ KONUSFORSØK
▼ OMRØRT SKJÆRFASTHET
○ TRYKKFORSØK
15-Ø5 % DEFORMASJON VED BRUDD
+ VINGEBORING
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TREAKSIALFORSØK

GEOTEKNISKE DATA

Åfjord kommune
Årnes, områderegulering
Grunnundersøkelser

Boring nr.

15

Tegningens filnavn

Hull 15-15.dwg

Borplan nr.

-1

Boret dato:

25.08.2011



MULTICONSULT AS

Dato 30.09.2011

Tegnet truk

Kontrollert

SGH

Godkjent

OAA

Oppdragsnr.

414653

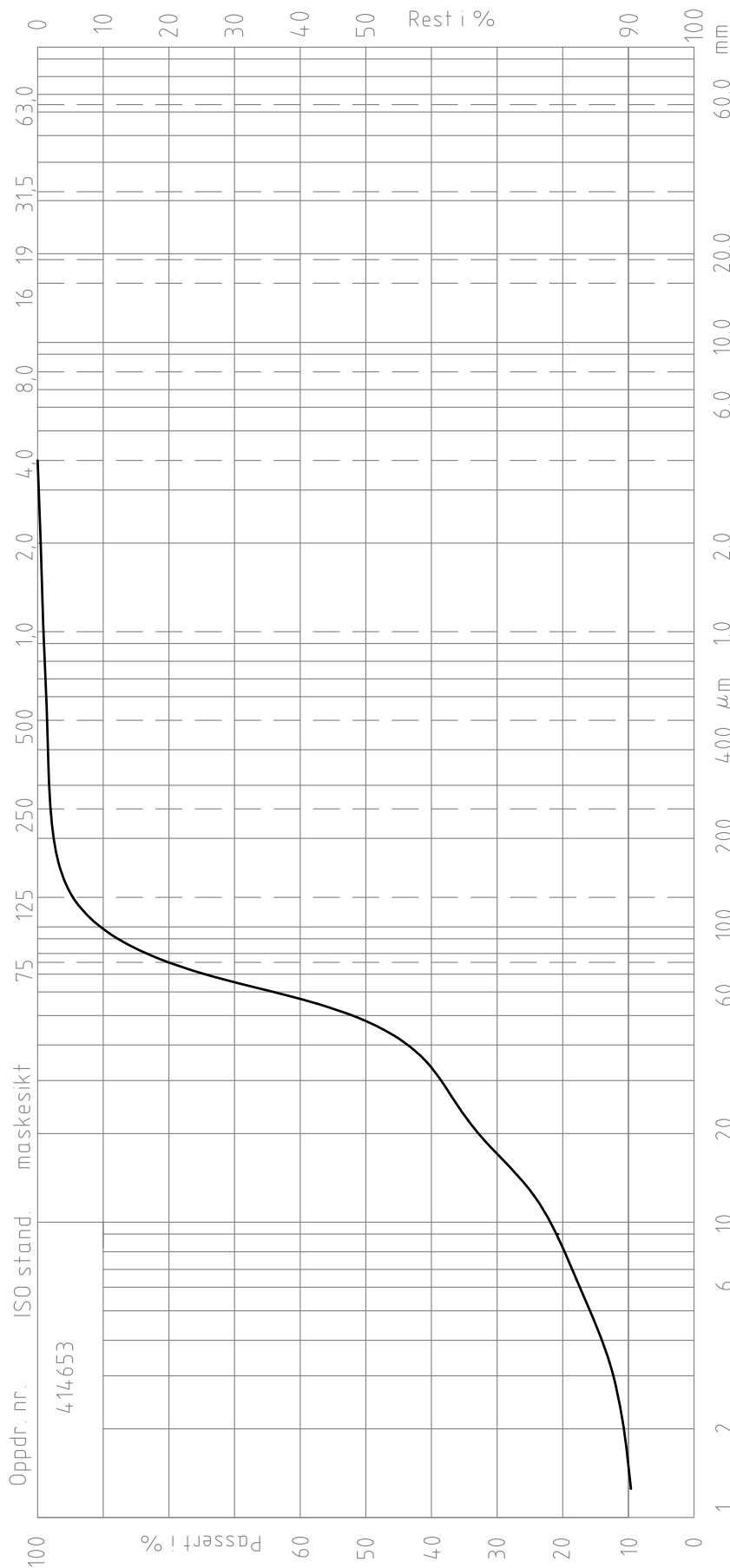
Tegningsnr.

15

Rev.

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70

LEIR		SILT		SAND			GRUS			STEIN	
FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	MIDDELS	GROV	



Symb.	PR.seriernr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode	
					Terrast	Vet + Terrast
	Hull 2	9,6 m	SILT, leirig, finsandig	Skjellrester i prøven	X	X

KORNGRADERING

Åfjord kommune
Reguleringsplan, Årnes, Åfjord

MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 14.03.2011

Oppdragsnr. 414653

Konstr./Tegnetruk

Tegningsnr. 60

Boring nr. 2

Borplan nr. 1

Boret dato: 04.02.2011

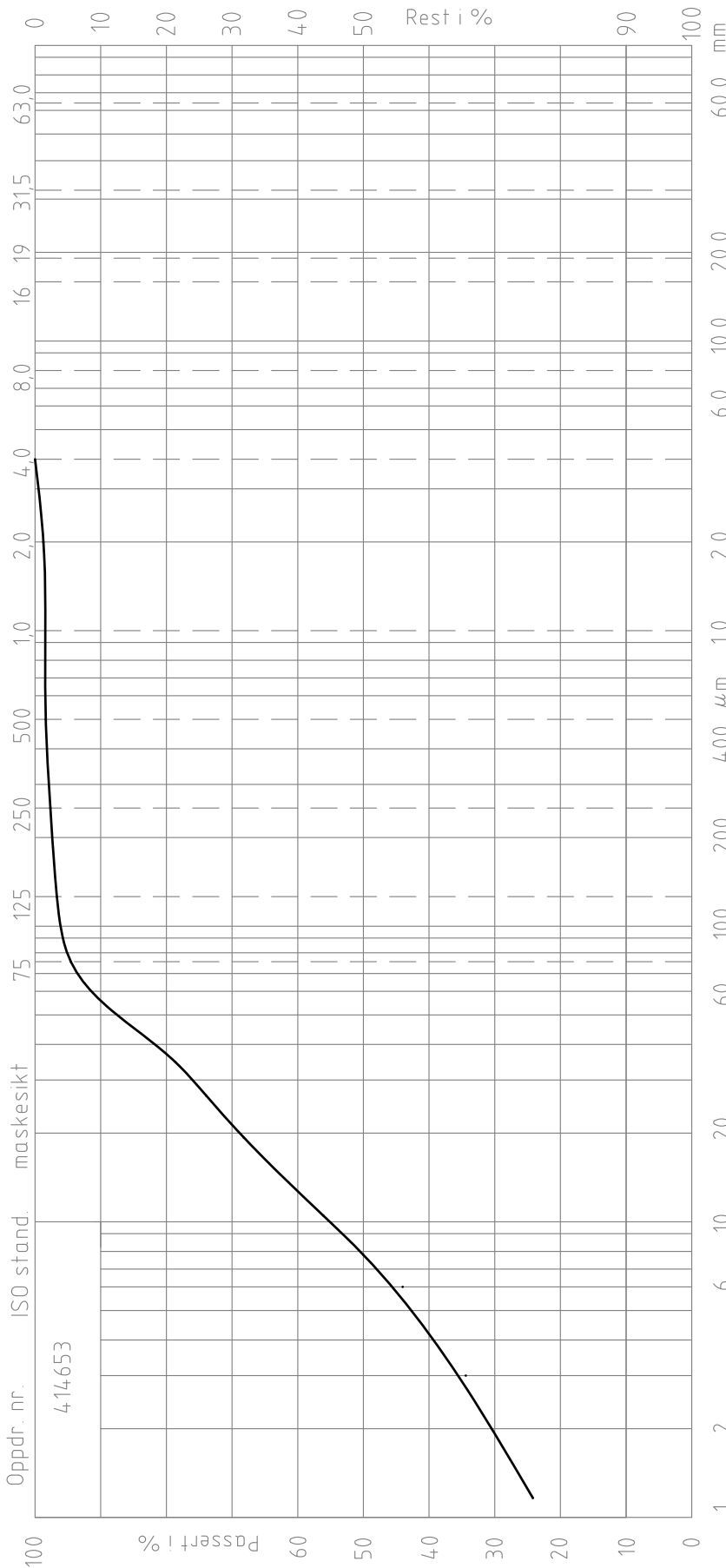
Kontrollert SGH



Godkjent OAA

Rev.

LEIR		SILT		SAND			GRUS			STEIN	
FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	MIDDELS	GROV	



Symb.	PR.seriernr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode	
					Terrast	Hydr. Fårup Våt + Torr Silt
	Hull 4	11,25 m	LEIRE	Kvikkleire m/enk. siltlag		X

KORNGRADERING

Åfjord kommune
Reguleringsplan Årnes, Åfjord

Boring nr.
4

Borplan nr.
1

Boret dato:
07.02.2011



MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 16.03.2011

Oppdragsnr.
414653

Konstr./Tegnet
truk

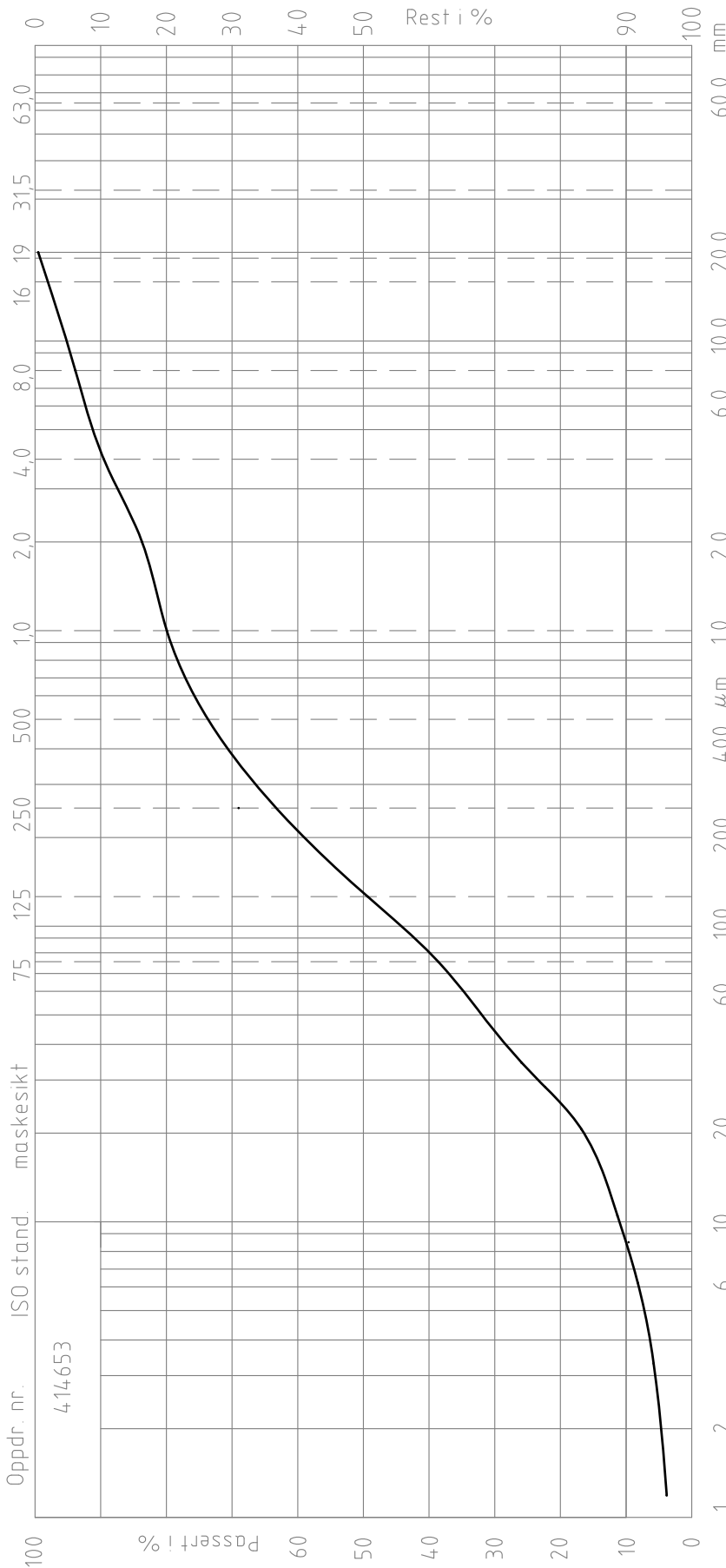
Tegningsnr.
61

Kontrollert
SGH

Godkjent
OAA

Rev.

LEIR		SILT		SAND			GRUS			STEIN	
FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	MIDDELS	GROV	



Symb.	PR.seriernr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode		
					Terrast	Hydr. Følup	Vit. Terr. Salt
	Hull 5	6,5-7,5 m	Sandig, siltig, leirfattig	noe grusig		X	X

KORNGRADERING

Åfjord kommune
Reguleringsplan, Årnes, Åfjord

MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 30.09.2011

Oppdragsnr. 414653

Konstr./Tegnetruk

Tegningsnr. 62

Boring nr. 5

Borplan nr. 1

Boret dato: 24.08.2011

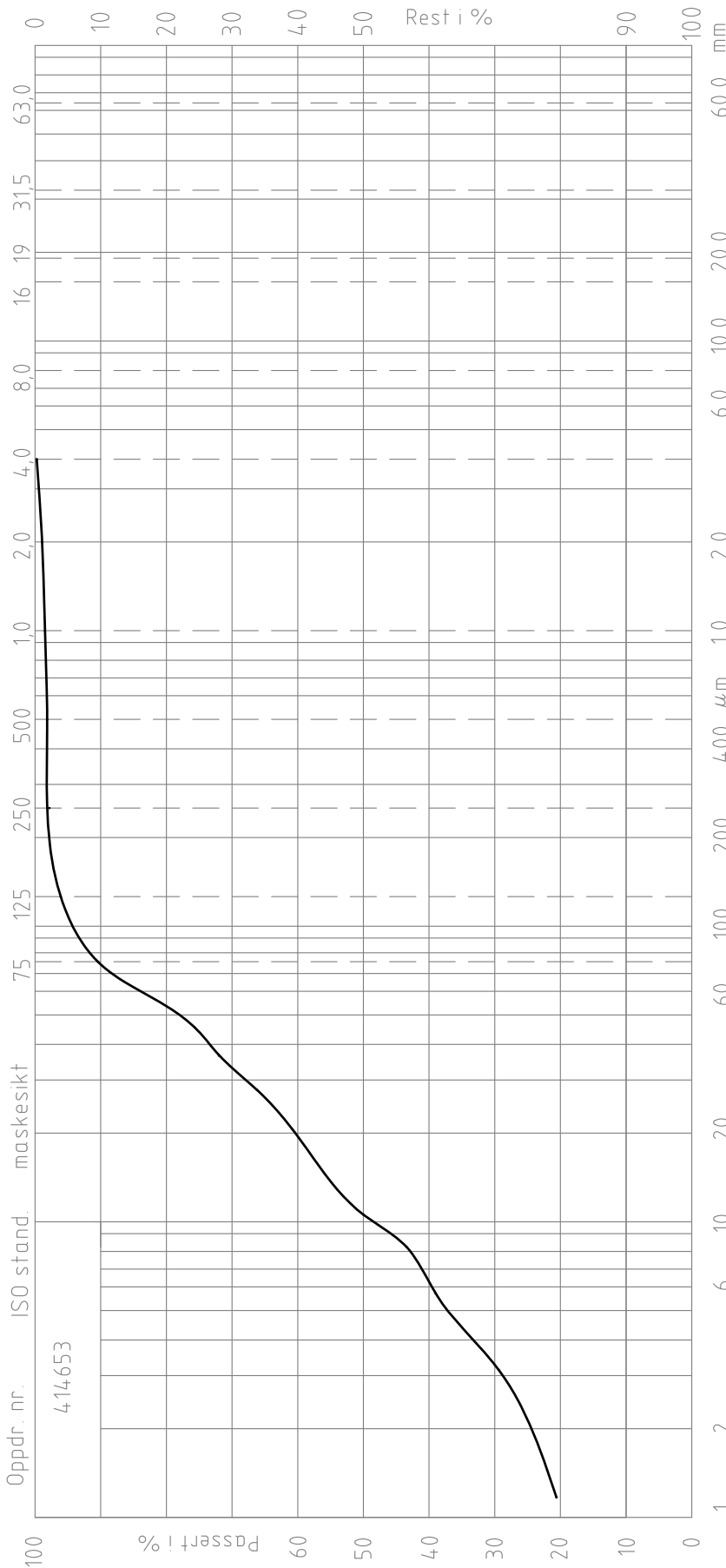
Kontrollert SGH



Godkjent OAA

Rev.

LEIR		SILT		SAND		GRUS		STEIN	
FIN	MIDDELS	FIN	MIDDELS	FIN	MIDDELS	FIN	MIDDELS	GROV	GROV



Symb.	PR.seriernr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode	
					Terrast	Vit + Terrast
	Hull 13	4,35 m	LEIRE m/enk.sitlag	Kvikkleire		X

KORNGRADERING

Åfjord kommune
Reguleringsplan Årnes, Åfjord

Boring nr.
13

Borplan nr.
1

Boret dato:
23.08.2011



MULTICONSULT AS

7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70

Dato 05.10.2011

Oppdragsnr.
414653

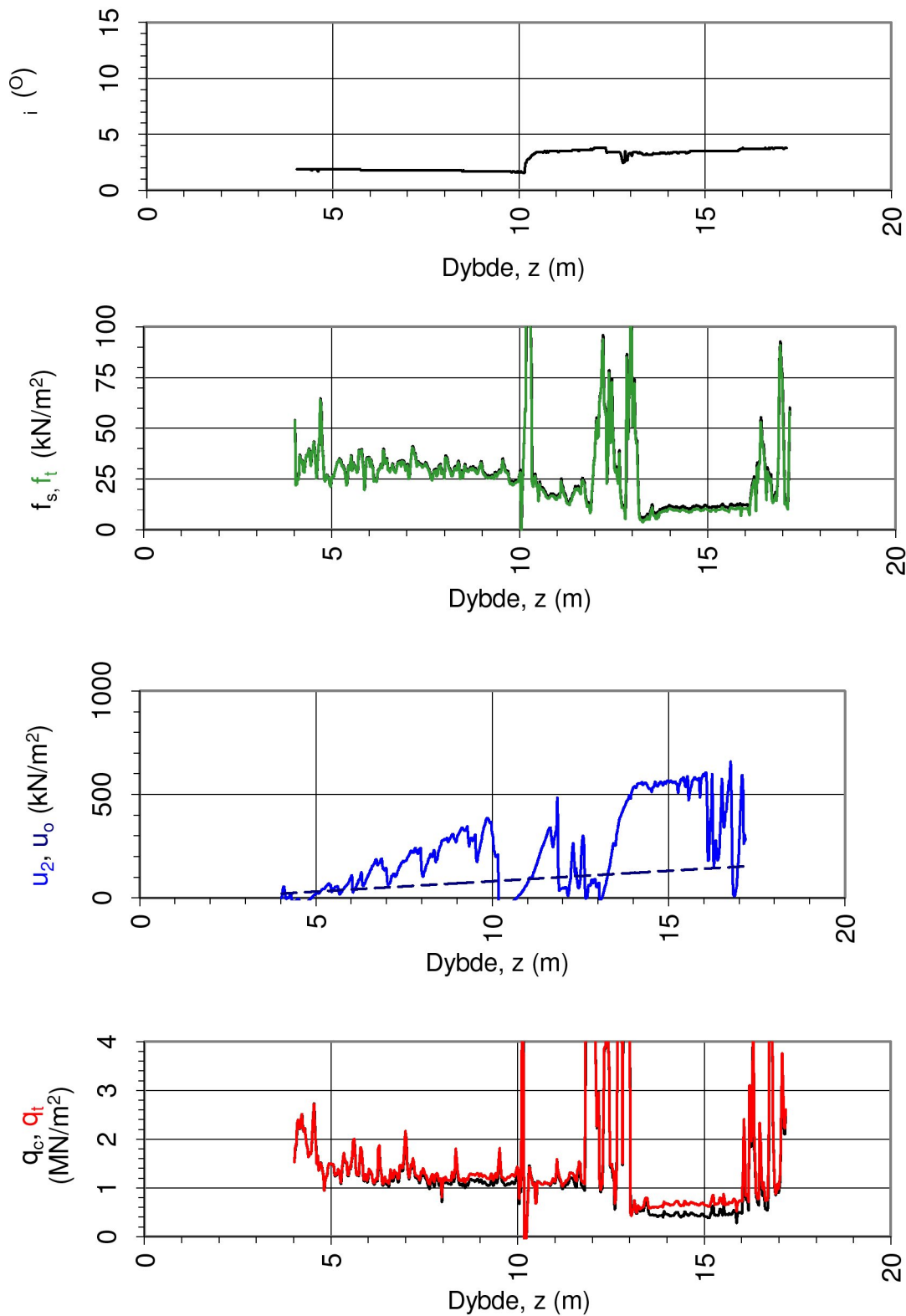
Konstr./Tegnet
truk

Tegningsnr.
63

Kontrollert
SGH

Godkjent
OAA

Rev.



Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i .

CPTU id.:

Hull 2

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

sgh

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

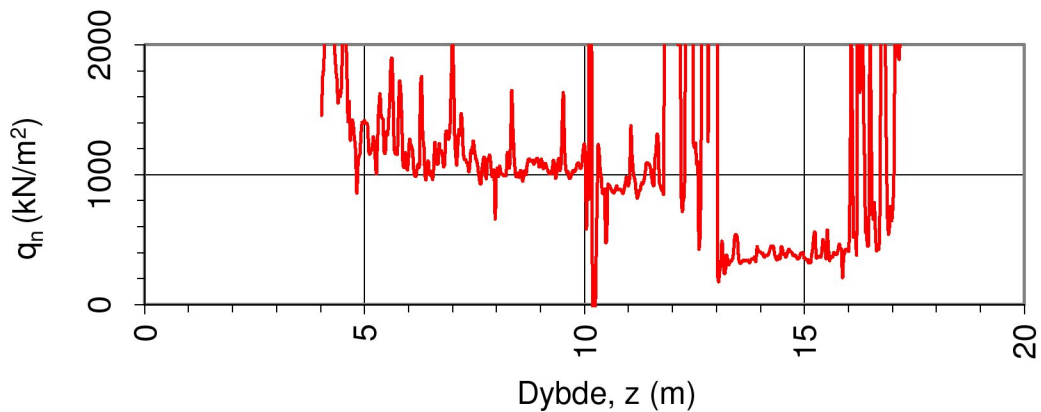
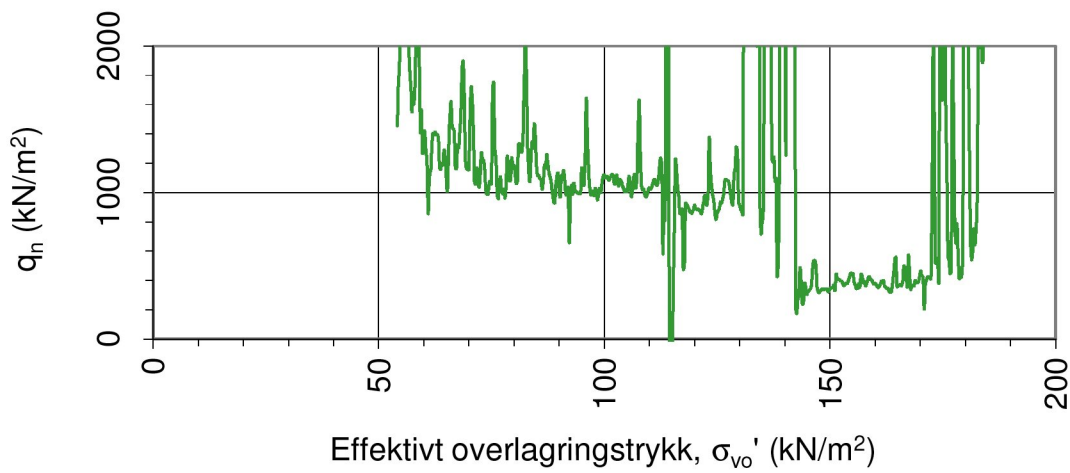
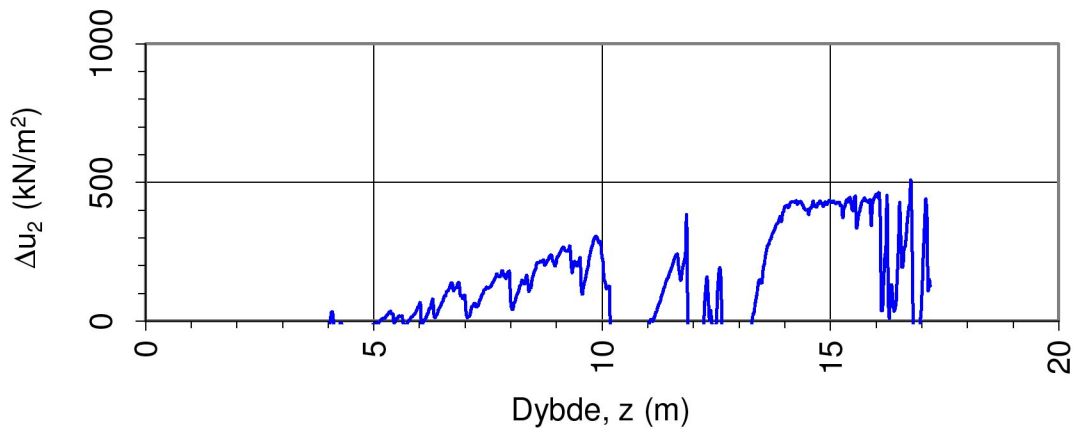
40.1

Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0



Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 .

CPTU id.:

Hull 2

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

sgh

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

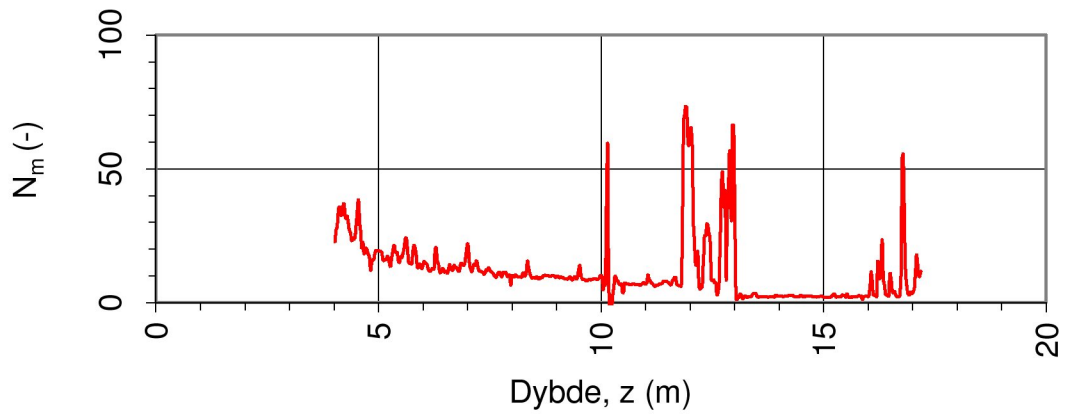
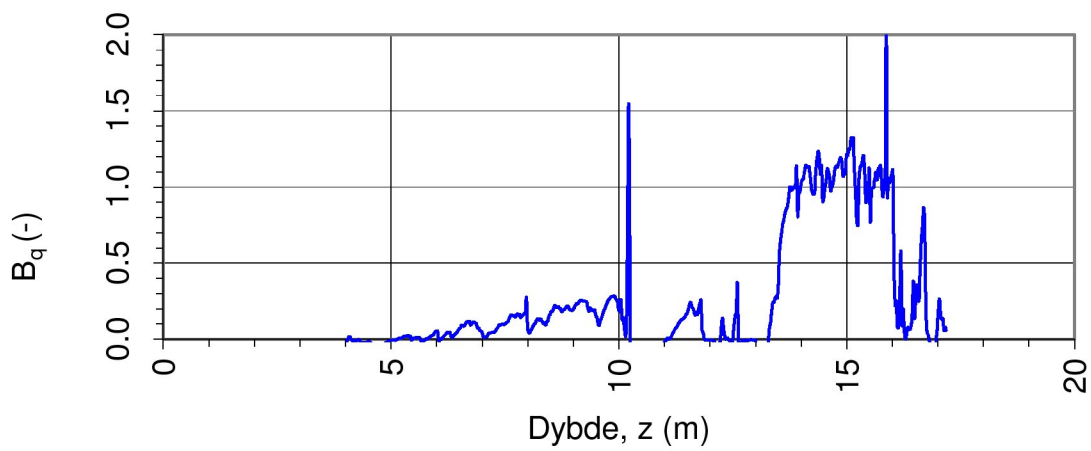
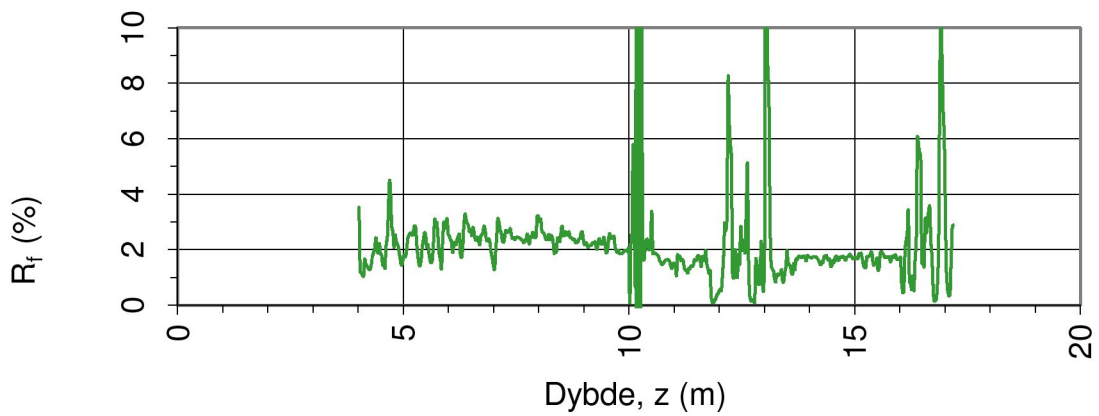
40.2

Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0



Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f .

CPTU id.:

Hull 2

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

sgh

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

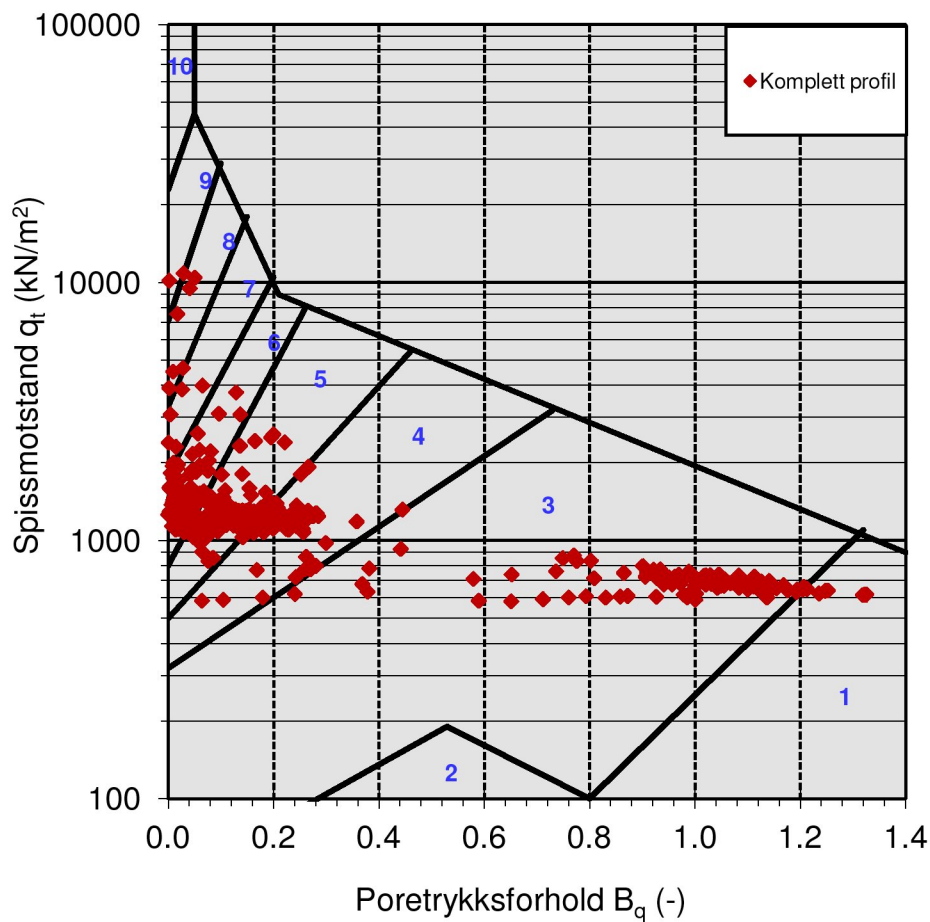
40.3

Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	1
2	Organisk materiale	8
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .

CPTU id.:

Hull 2

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:
16.02.2012

Tegnet:
miab

Kontrollert:
sgh

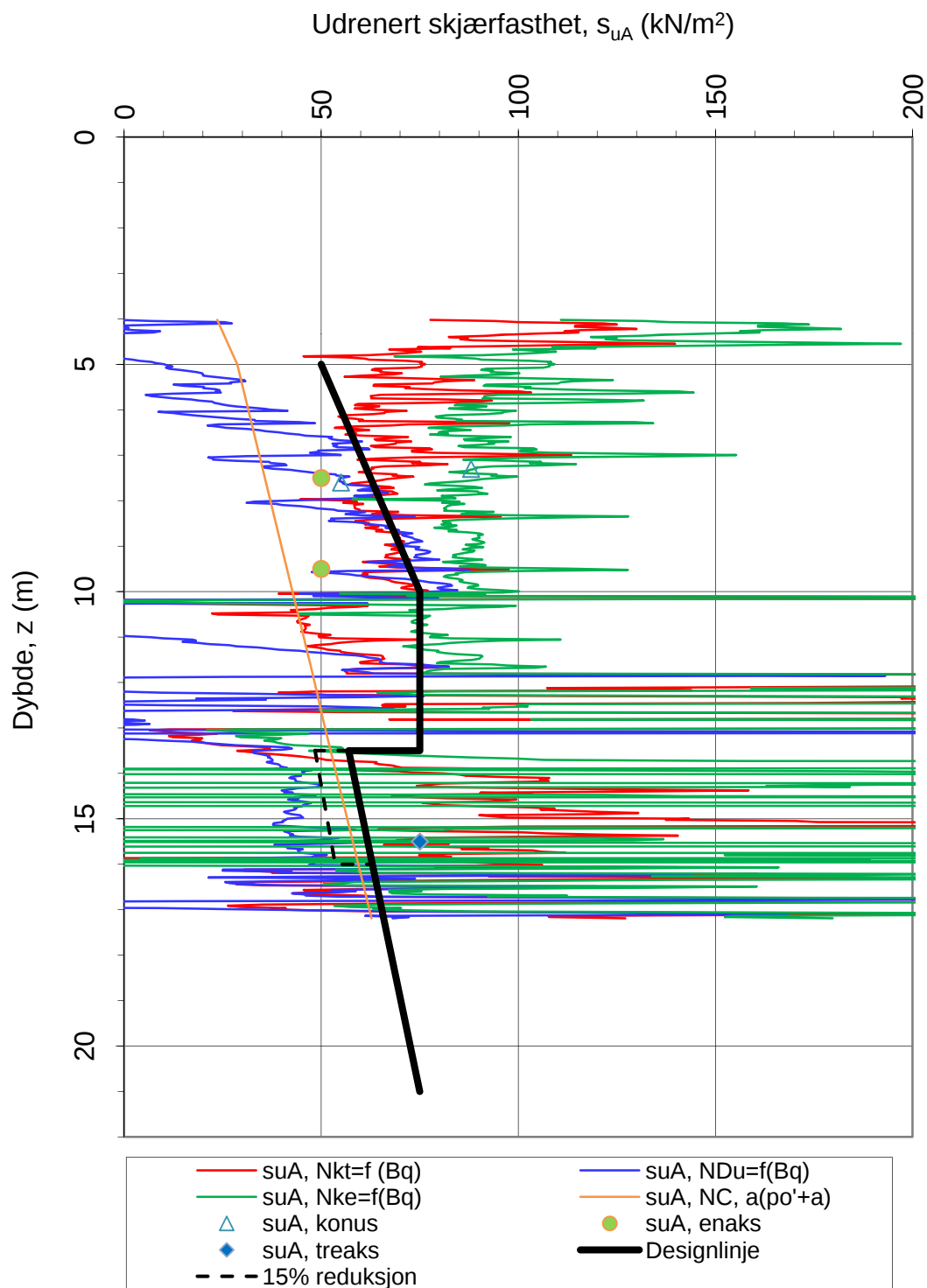
Godkjent:
oaa

Oppdrag nr.:
414653

Tegning nr.:
40.4

Versjon:
10.11.2010

Revisjon:
0



$$Nkt = (18.7-12.5 \cdot Bq)$$

$$Ndu = (1.8+7.25 \cdot Bq)$$

$$Nke = (13.8-12.5 \cdot Bq)$$

$$\alpha_c \text{ valgt: } \mathbf{0.28}$$

Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , korrelert mot B_q .

CPTU id.:

Hull 2

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

sg

Godkjent:

oaa

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

40.5

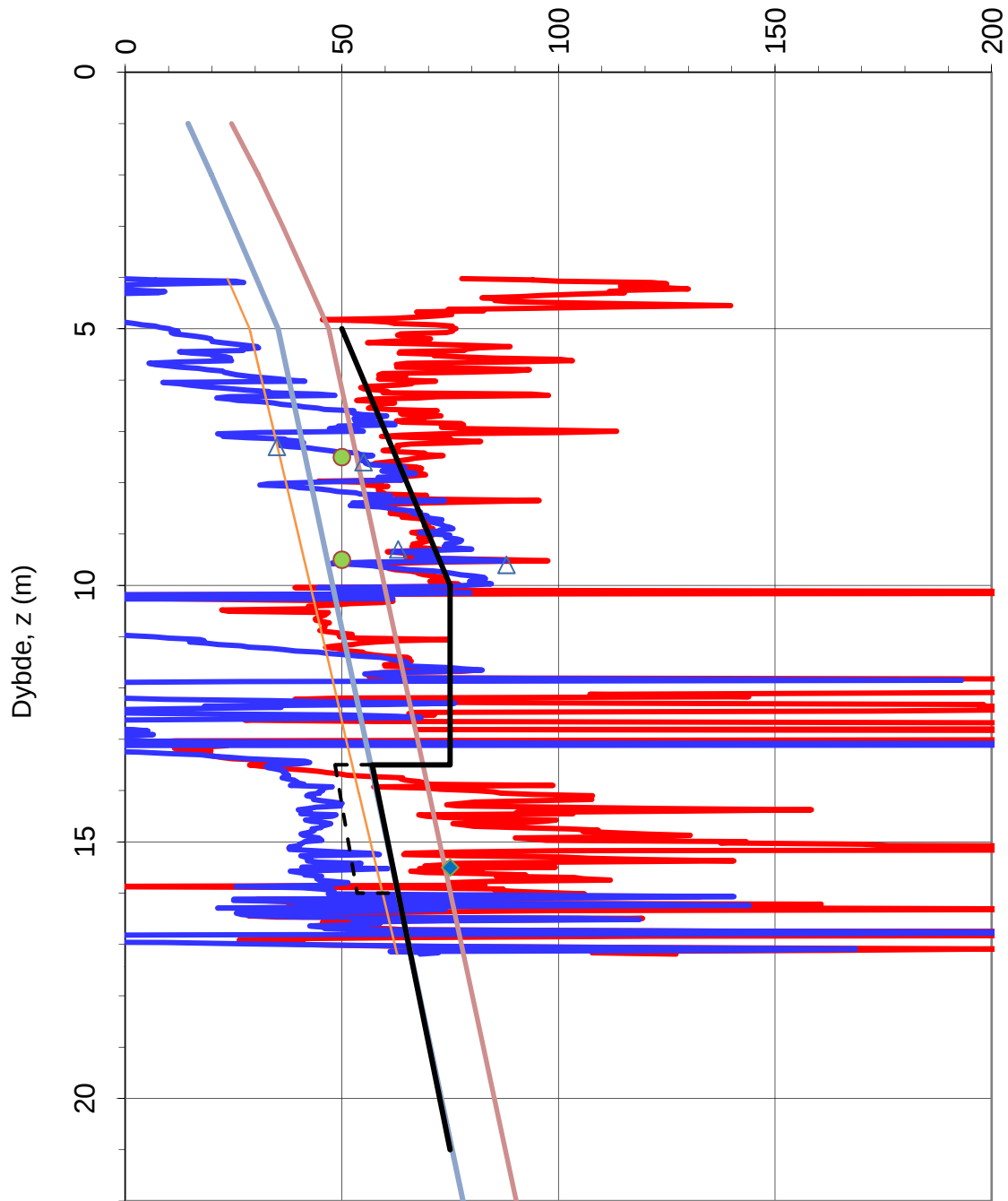
Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

A

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



- suA, $N_{kt} = f(B_q)$
- suA, $N_{du} = f(B_q)$
- suA, SHANSEP, $Ds1 = '$
- suA, SHANSEP, $Ds2 = '$
- suA, NC, $a(p_0' + a)$
- △ suA, konus
- SuA, enaks
- ◆ suA, treaks
- Designlinje
- 15% reduksjon

N_{kt} : (18,7-12,5 B_q)

α_c valgt: 0.28

N_{du} : (1,8+7,25 B_q)

Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.

CPTU id.:

Hull 2

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:
16.02.2012

Tegnet:
miab

Kontrollert:
sg

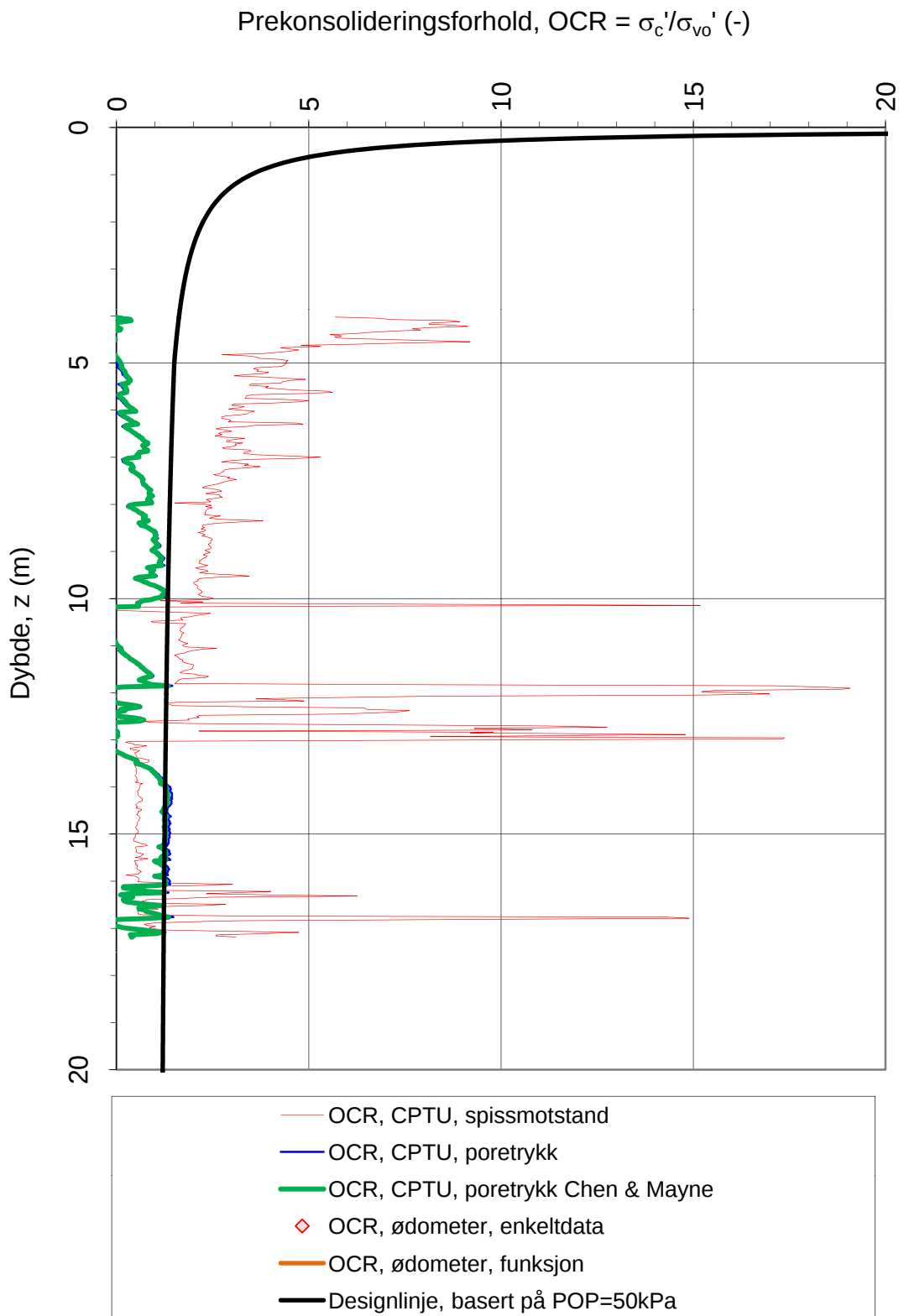
Godkjent:
oaa


Oppdrag nr.:
414653

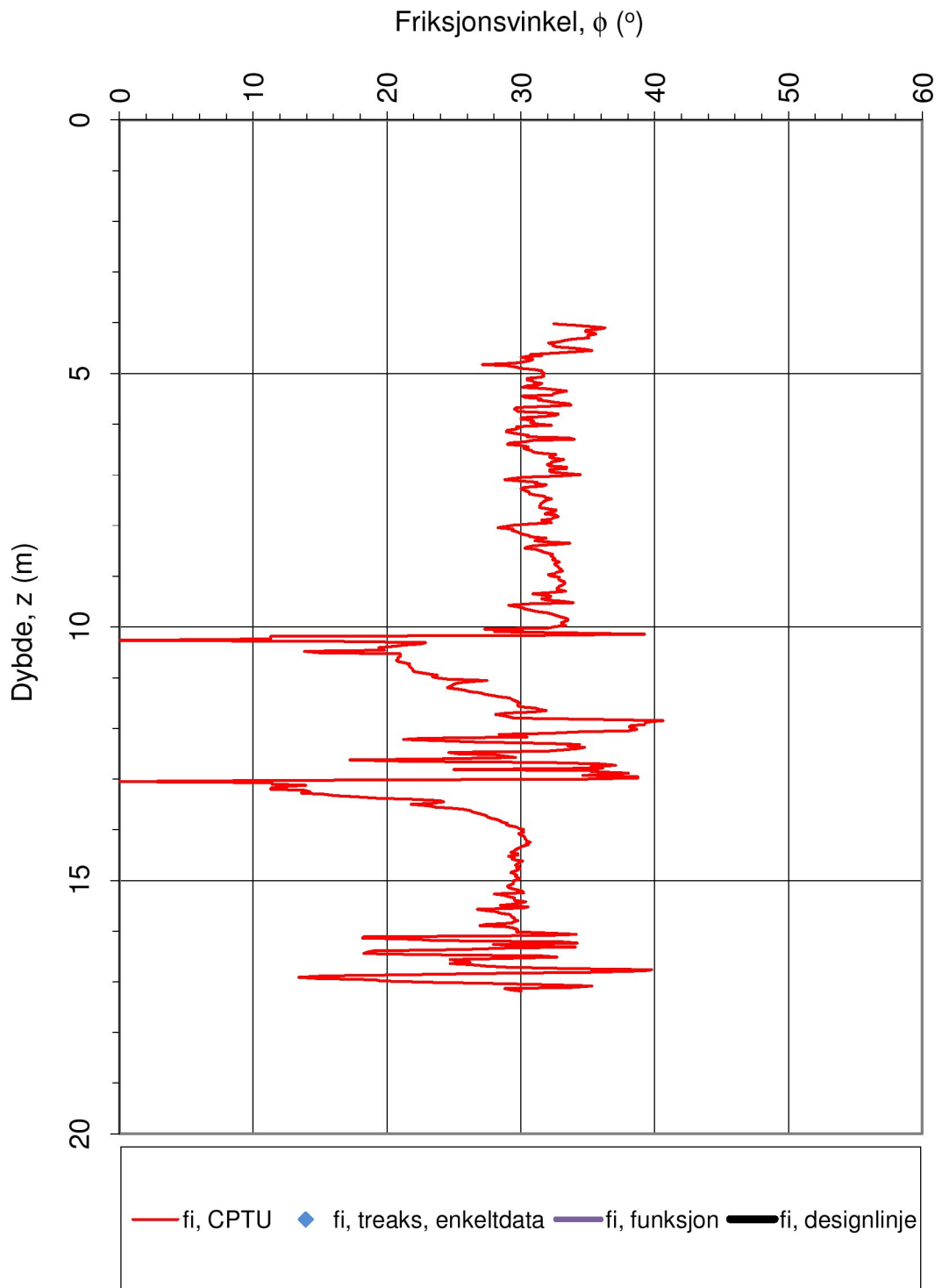
Tegning nr.:
40.6

Versjon:
10.11.2010

Revisjon:
A




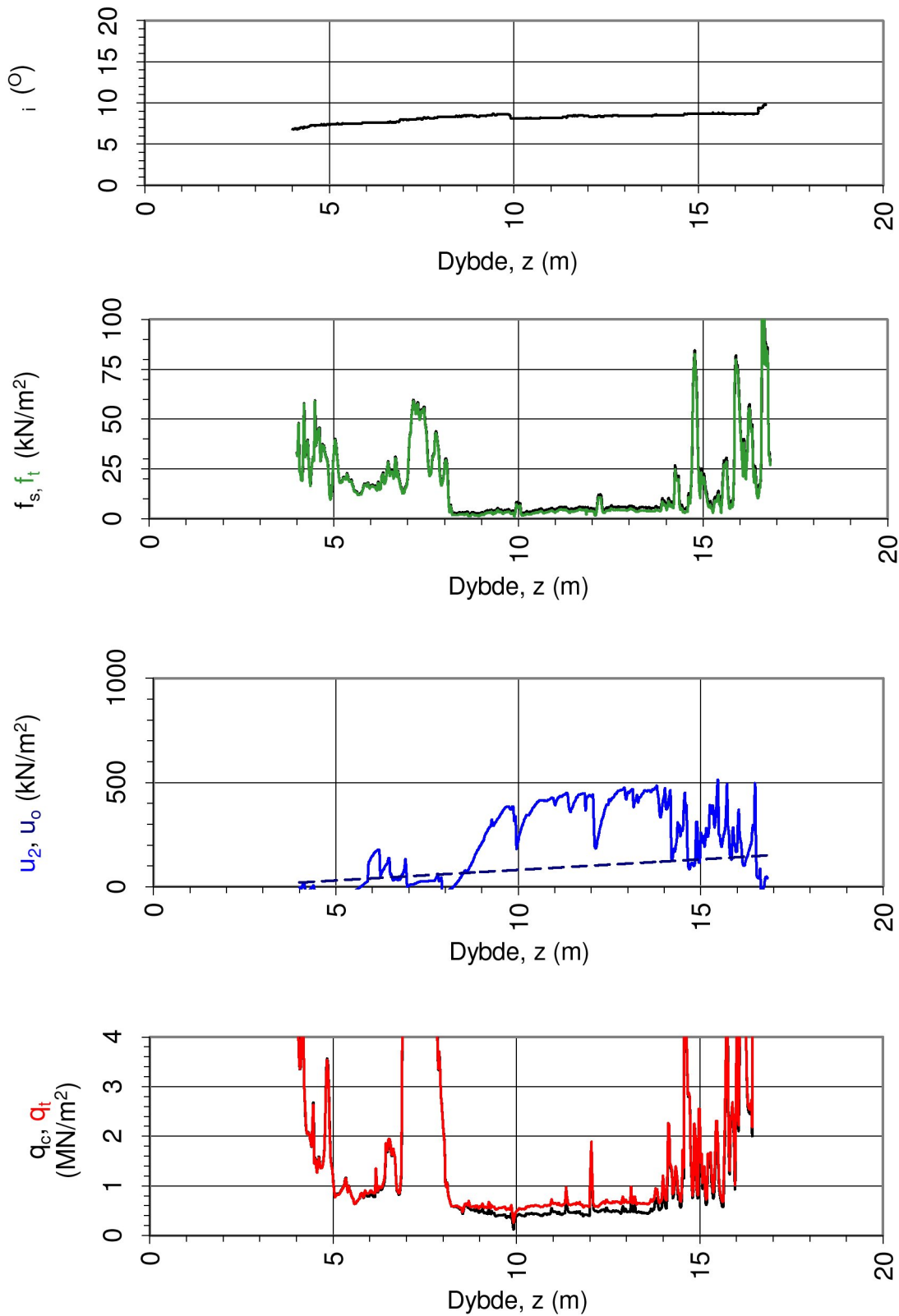
Oppdragsgiver: Åfjord kommune		Oppdrag: Områdevurdering Årnes		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_Årnes_hull
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{v0}$.				
CPTU id.:	Hull 2	Sonde:	4106	
MULTICONSULT AS	Dato: 16.02.2012	Tegnet: miab	Kontrollert: sgh	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 40.7	Versjon: 10.11.2010	Revisjon: A



Oppdragsgiver: Åfjord kommune		Oppdrag: Områdevurdering Årnes		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_Årnes_hull
Friksjonsvinkel ϕ .				
CPTU id.:	Hull 2	Sonde:	4106	
MULTICONSULT AS	Dato: 16.02.2012	Tegnet: miab	Kontrollert: sgh	Godkjent: oaa
	Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 40.8	Versjon: 10.11.2010	Revisjon: 0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4106	Sondetype:	Classic
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.592	Arealforhold, b:	0.013
Kalibreringsdato:	17.11.2009	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	20.0	0.5	2.5
Måleområde (MPa):	20.0	0.5	2.5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	5.66	0.19	0.99
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0.00	0.00	0.00
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	15.75	0.85	2.54
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Olav Bakken	Assistent:	Helgemo
Filtertype:	Porøst	Mettemedium:	Glyserin
Mettemetode:	Ferdigmettet	Lufttemperatur (°C):	5.0
Forankring:	Nei	Max. helning (°):	#REF!
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	0.39	0.02	0.06
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):	0.00	0.00	100.00
Etter sondering (DOS):	-0.08	1.00	98.00
Avvik (DOS) (kPa):	-80.0	1.0	-2.0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):			
Avvik (Windows) (kPa):	0.0	0.0	0.0
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	86.05	1.21	3.05
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35.0	5.0	10.0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100.0	15.0	25.0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200.0	25.0	50.0
Vurdering profil	1		
ANVENDELSESKLASSE	2	1	1
Oppdragsgiver: Åfjord kommune Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Områdevurdering Årnes		
CPTU id.:	Hull 2	Sonde:	4106
MULTICONSULT AS	Dato: 16.02.2012	Tegnet: miab	Kontrollert: sgh
	Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 40.9	Versjon: 10.11.2010



Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Spissmotstand $q_{c,t}$, poretrykk u_2 , sidefriksjon $f_{s,t}$ og helning i .

CPTU id.:

Hull 4

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

SGH

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

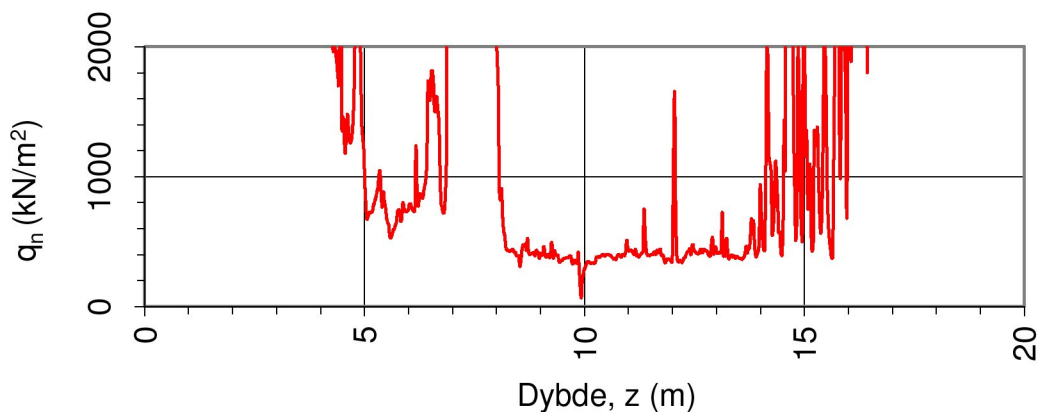
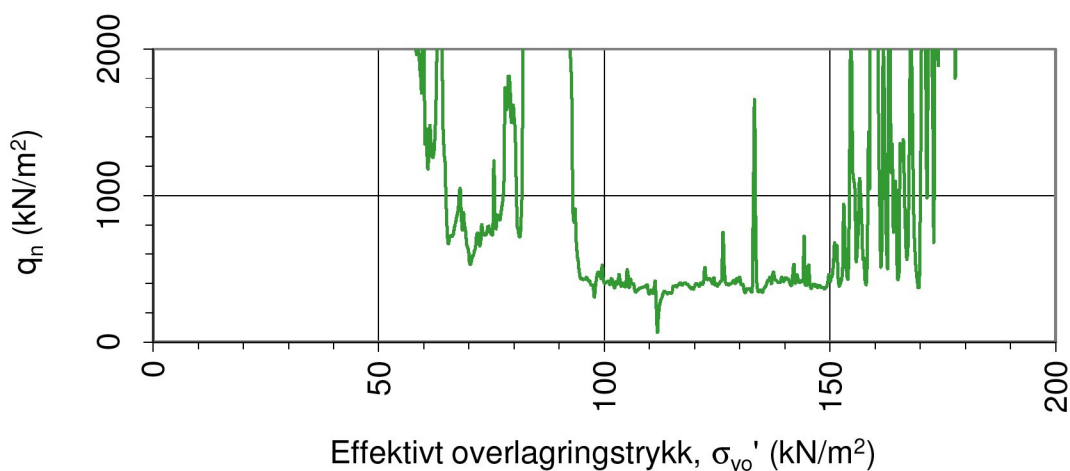
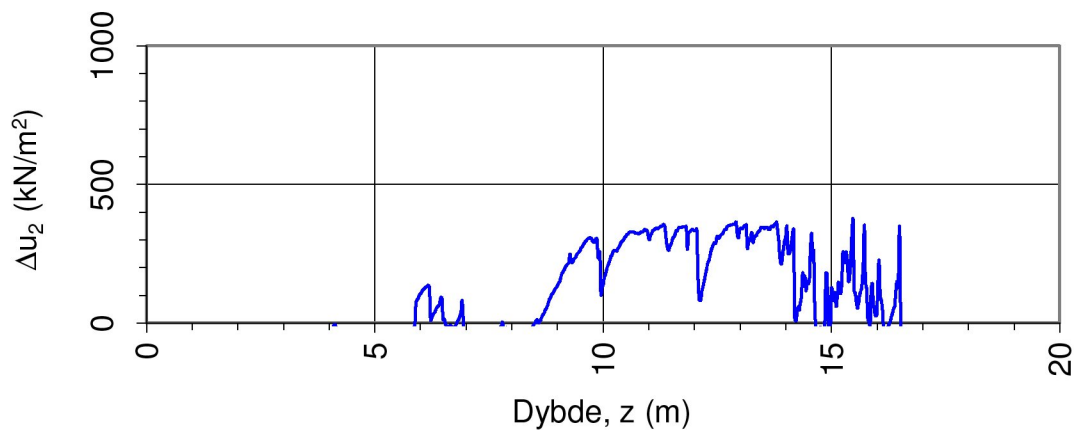
50.1

Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0



Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Netto spissmotstand q_n og poreovertrykk Δu_2 .

CPTU id.:

Hull 4

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

SGH

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

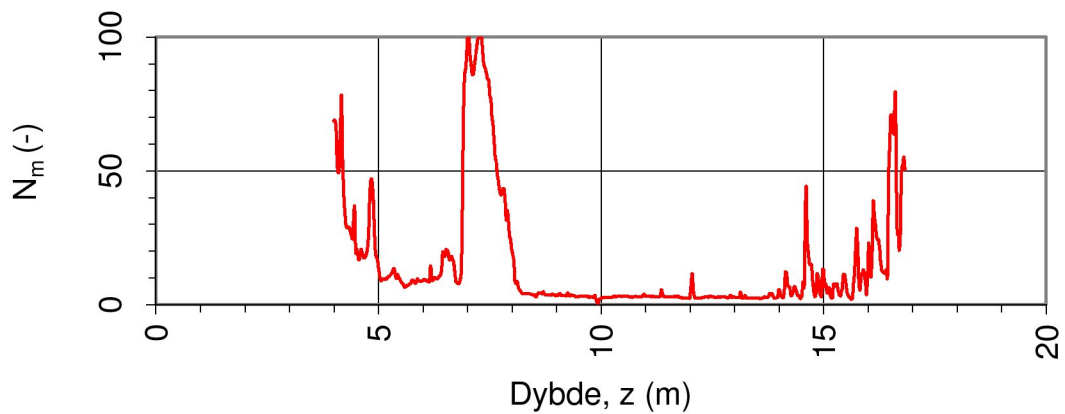
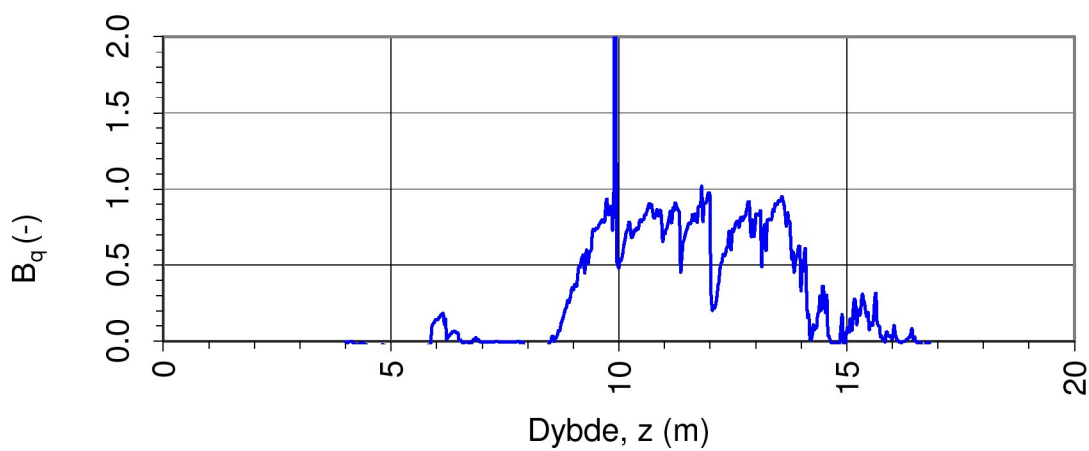
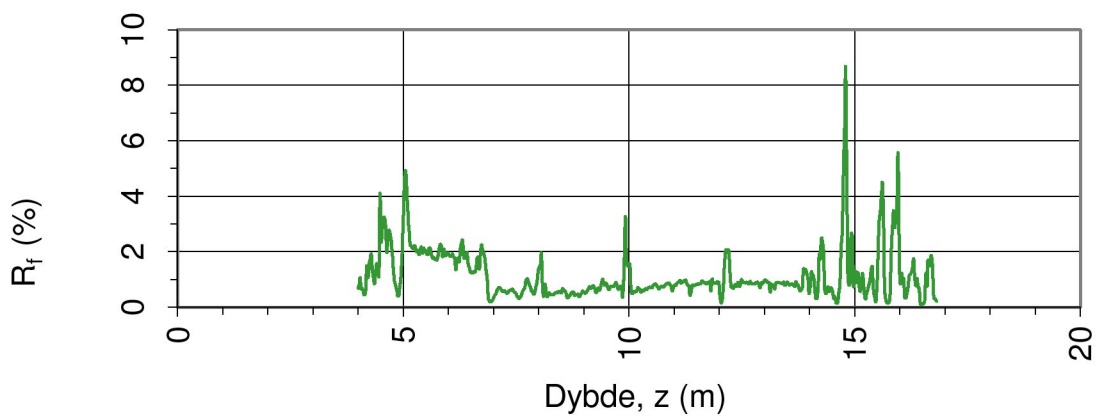
50.2

Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0



Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Spissmotstandstall N_m , poretrykks- B_q og friksjonsforhold R_f .

CPTU id.:

Hull 4

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

SGH

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

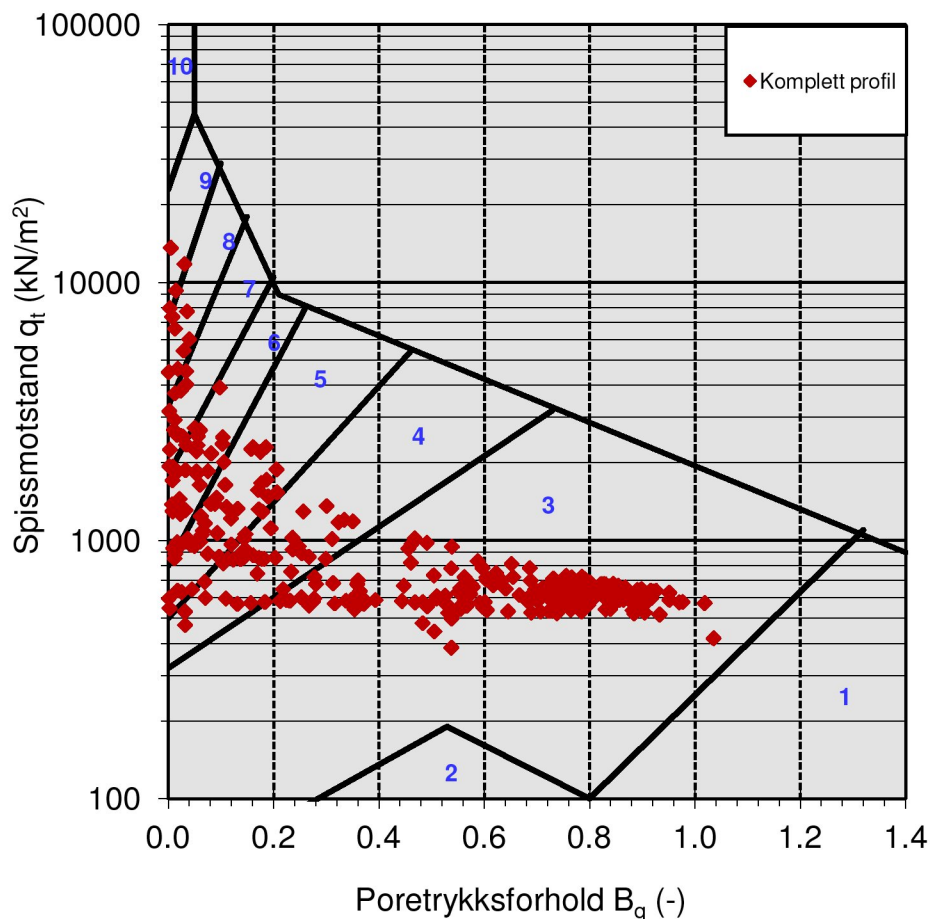
50.3

Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0



Jordartsid.	Beskrivelse	Identifikasjon
1	Sensitivt, finkornig materiale	3
2	Organisk materiale	9
3	Leire	Ved variasjon i jordartgruppe brukes begge Id-boksene for å beskrive materialet (eks. 5-7)
4	Leire - siltig leire	
5	Leirig silt - siltig leire	
6	Sandig silt - leirig silt	
7	Siltig sand - sandig silt	
8	Sand - siltig sand	
9	Sand	
10	Grusig sand - sand	
11	Meget fast, finkornig materiale	
12	Sand - leirig sand	

Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Jordartsidentifikasjon fra CPTU data - q_t og B_q .

CPTU id.:

Hull 4

Sonde:

4106

MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

SGH

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

50.4

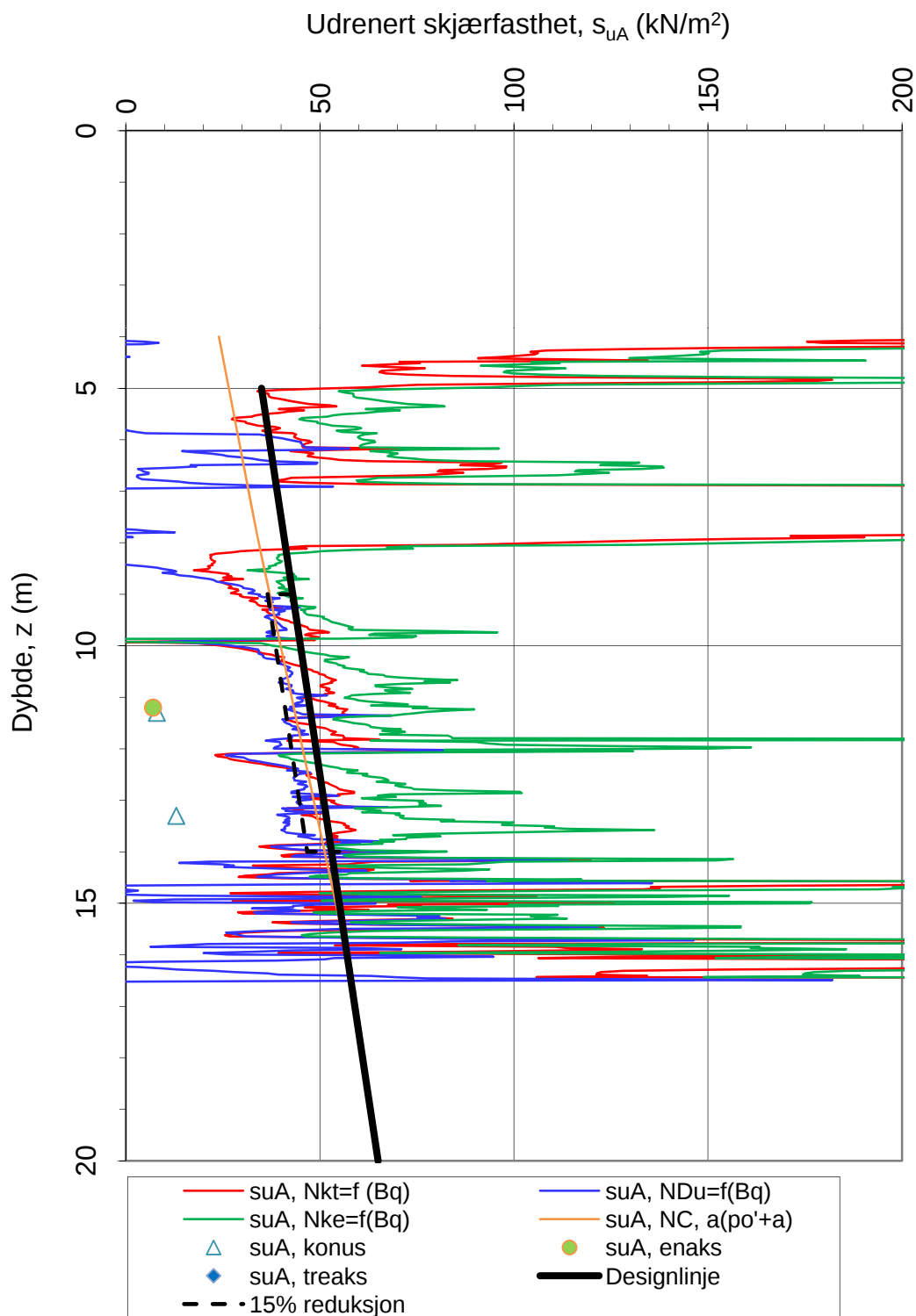
Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

0





$$Nkt = (18,7 - 12,5 \cdot Bq)$$

$$\alpha_c \text{ valgt: } \mathbf{0.28}$$

$$Ndu = (1,8 + 7,25 \cdot Bq)$$

$$Nke = (13,8 - 12,5 \cdot Bq)$$

Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_Årnes_hull

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , korrelert mot B_q .

CPTU id.:

Hull 4

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:

16.02.2012

Tegnet:

miab

Kontrollert:

SGH

Godkjent:

OAA

Oppdrag nr.:

414653

Tegning nr.:

50.5

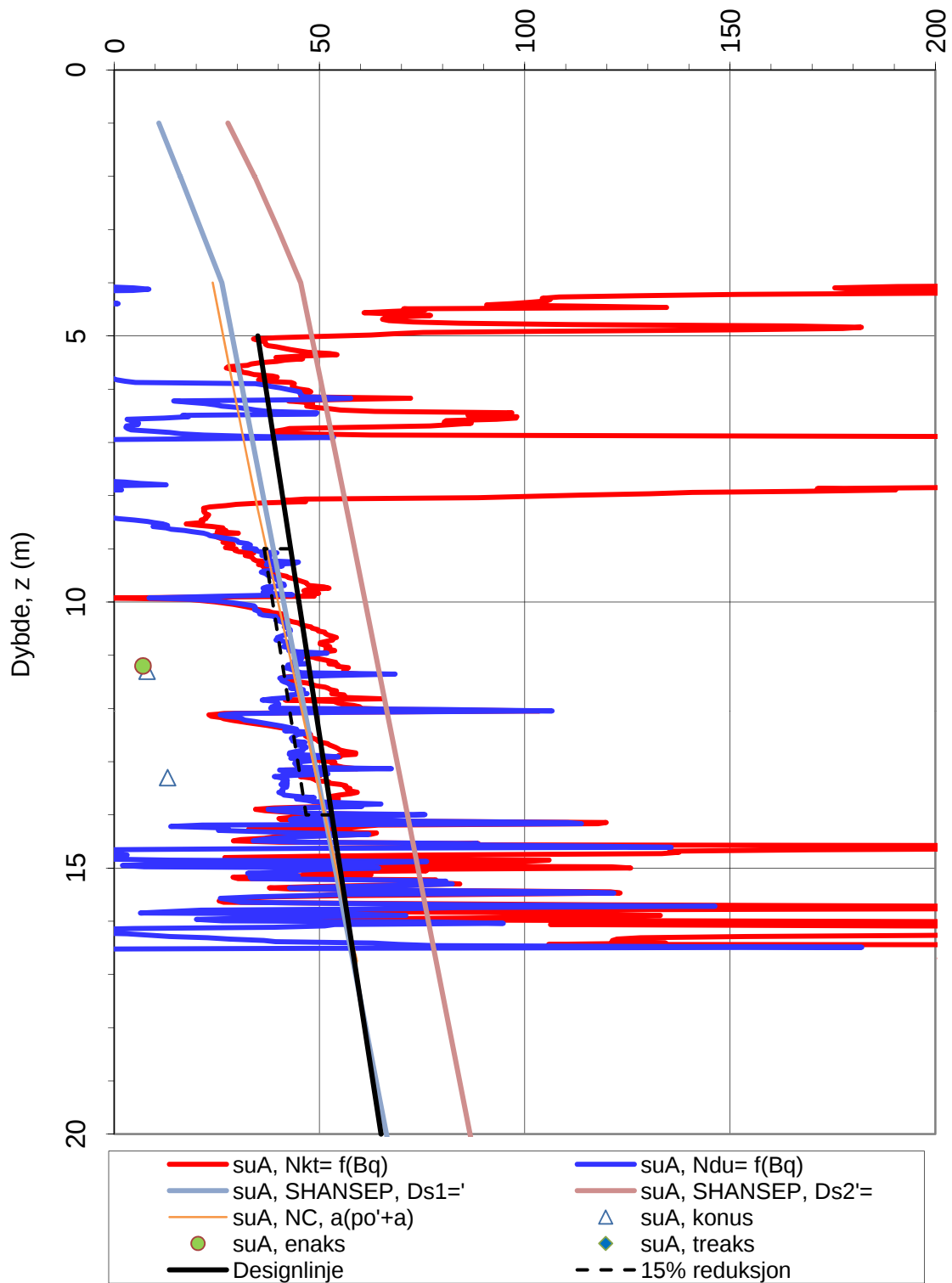
Versjon:

10.11.2010

Revisjon:

A

Udrenert skjærfasthet, s_{uA} (kN/m²)



N_{kt} : (18,7-12,5 B_q)
 N_{Du} : (1,8+7,25 B_q)

α_c valgt: 0.28

Oppdragsgiver:

Åfjord kommune

Oppdrag:

Områdevurdering Årnes

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA Årnes_hull

Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA} , verdier fra SHANSEP-analyse.

CPTU id.:

Hull 4

Sonde:

4106



MULTICONSULT AS

Dato:
16.02.2012

Tegnet:
miab

Kontrollert:
SGH

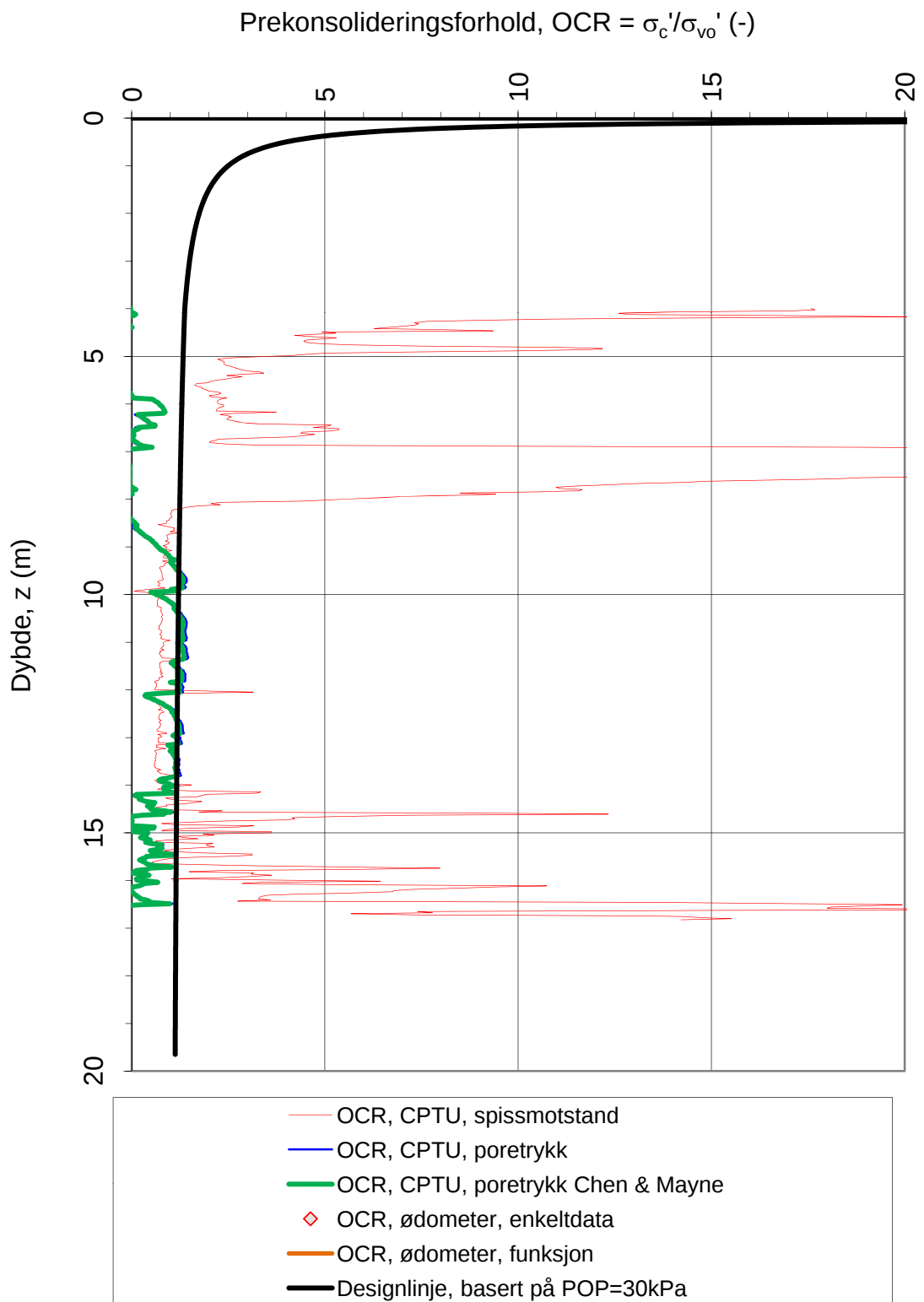
Godkjent:
OAA


Oppdrag nr.:
414653

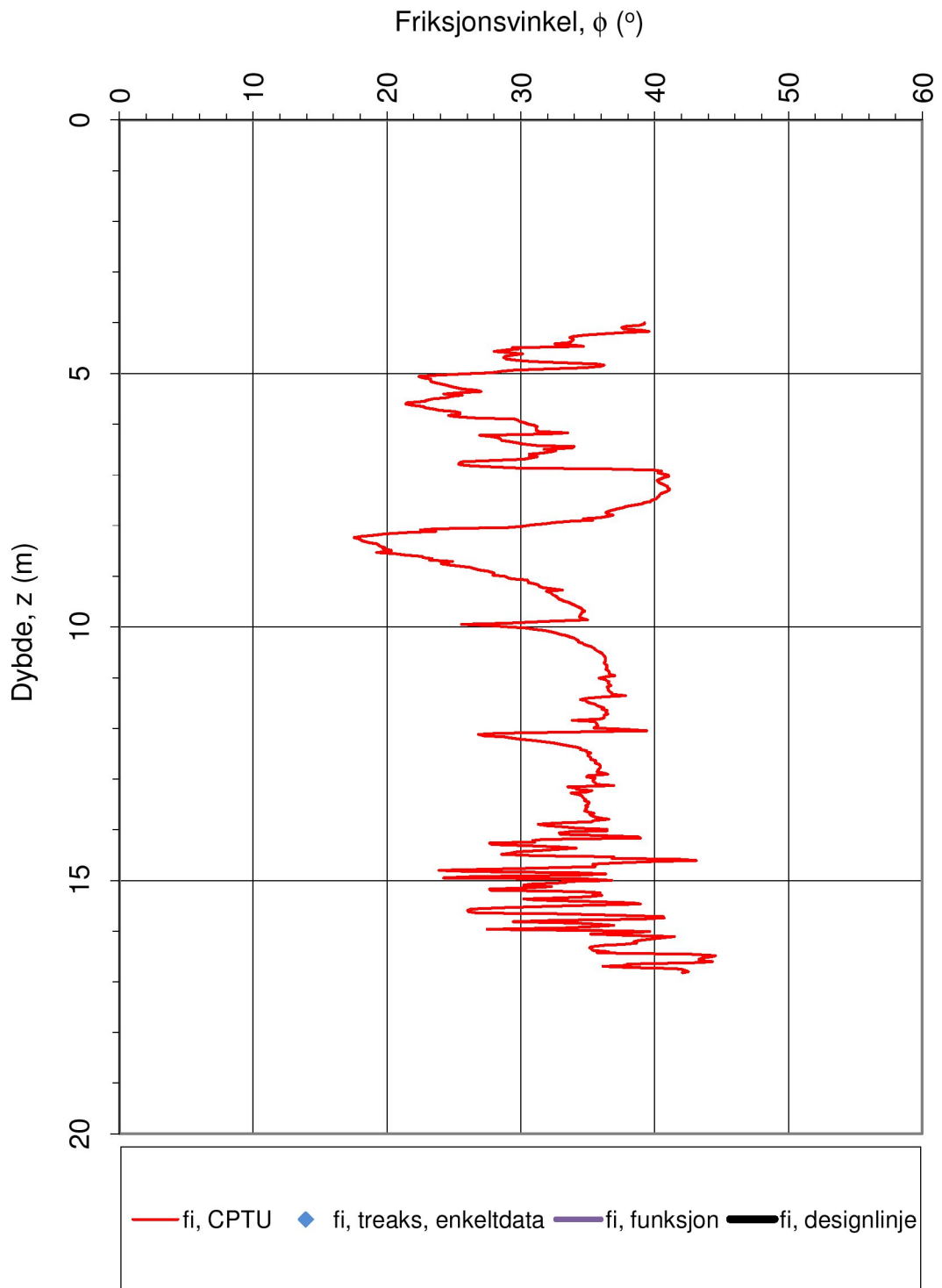
Tegning nr.:
50.6


Versjon:
10.11.2010

Revisjon:
A




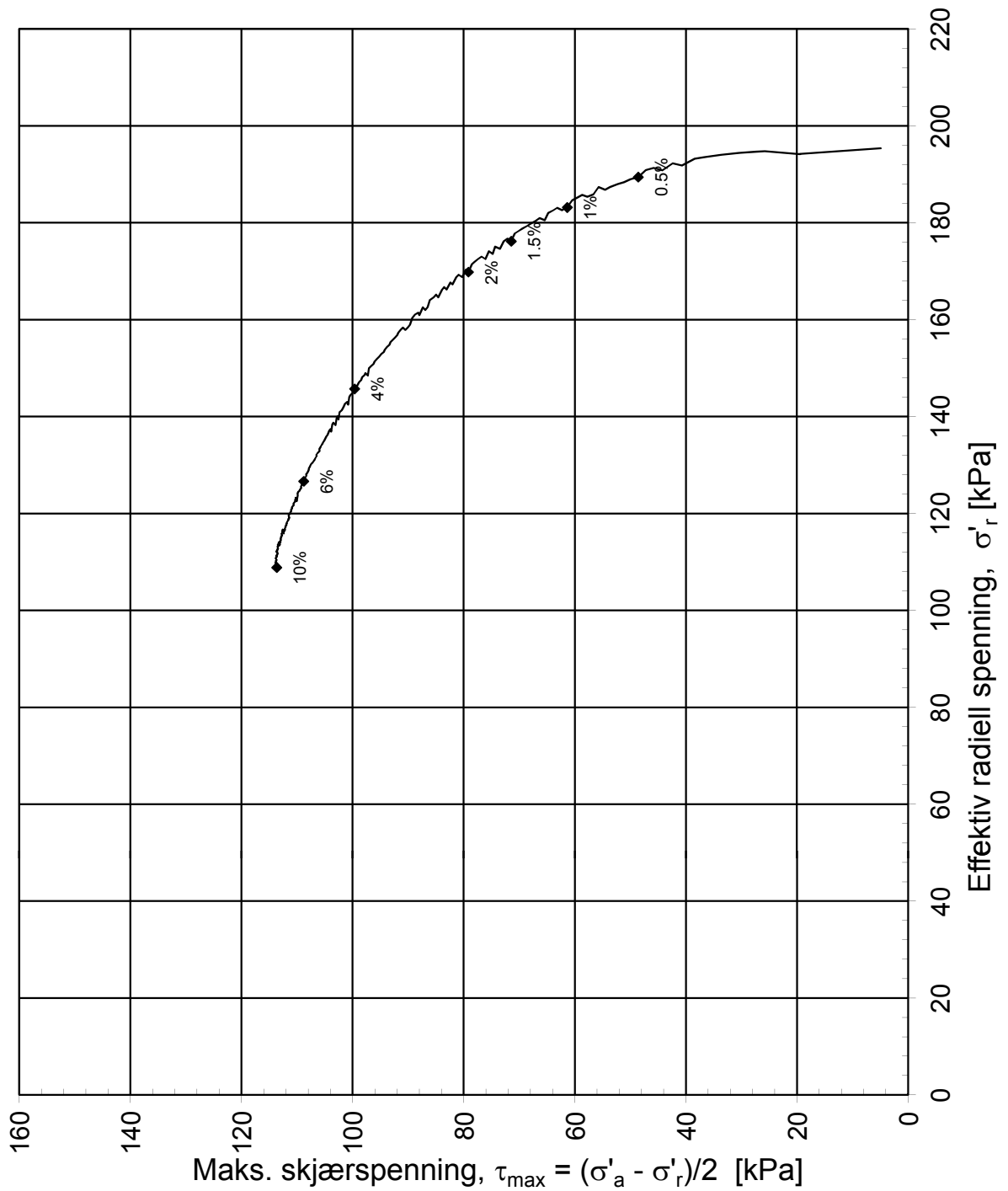
Oppdragsgiver: Åfjord kommune		Oppdrag: Områdevurdering Årnes		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA Årnes_hull
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{v0}$.				
CPTU id.:	Hull 4	Sonde:	4106	
MULTICONSULT AS	Dato: 16.02.2012	Tegnet: miab	Kontrollert: SGH	Godkjent: OAA
	Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 50.7	Versjon: 10.11.2010	Revisjon: A



Oppdragsgiver: Åfjord kommune		Oppdrag: Områdevurdering Årnes		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_Årnes_hull
Friksjonsvinkel ϕ .				
CPTU id.:	Hull 4	Sonde:	4106	
MULTICONSULT AS	Dato: 16.02.2012	Tegnet: miab	Kontrollert: SGH	Godkjent: OAA
	Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 50.8	Versjon: 10.11.2010	Revisjon: 0

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4106	Sondetype:	Classic
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0.592	Arealforhold, b:	0.013
Kalibreringsdato:	17.11.2009	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	20.0	0.5	2.5
Måleområde (MPa):	20.0	0.5	2.5
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	5.66	0.19	0.99
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0.00	0.00	0.00
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	15.75	0.85	2.54
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Olav Bakken	Assistent:	Helgemo
Filtertype:	Porøst	Mettemedium:	Glyserin
Mettemetode:	Ferdigmettet	Lufttemperatur (°C):	5.0
Forankring:	Nei	Max. helning (°):	#REF!
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	0.39	0.02	0.06
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):	0.00	0.00	100.00
Etter sondering (DOS):	0.06	0.00	99.00
Avvik (DOS) (kPa):	60.0	0.0	-1.0
Før sondering (Windows):			
Etter sondering (Windows):			
Avvik (Windows) (kPa):	0.0	0.0	0.0
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	66.05	0.21	2.05
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35.0	5.0	10.0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100.0	15.0	25.0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200.0	25.0	50.0
Vurdering profil	2		
ANVENDELSESKLASSE	2	1	1
Oppdragsgiver: Åfjord kommune Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: Områdevurdering Årnes		
CPTU id.:	Hull 4	Sonde:	4106
MULTICONSULT AS	Dato: 16.02.2012	Tegnet: miab	Kontrollert: SGH
	Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 50.9	Versjon: 10.11.2010



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	208.30
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	197.89
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	10.15
Baktrykk u_b (kPa):	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	N/A
Vanninnhold w_i (%):	Densitet ρ_i (g/cm ³):	2.04
	24.20	

Afjord kommune

Årnes, områderegulering

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

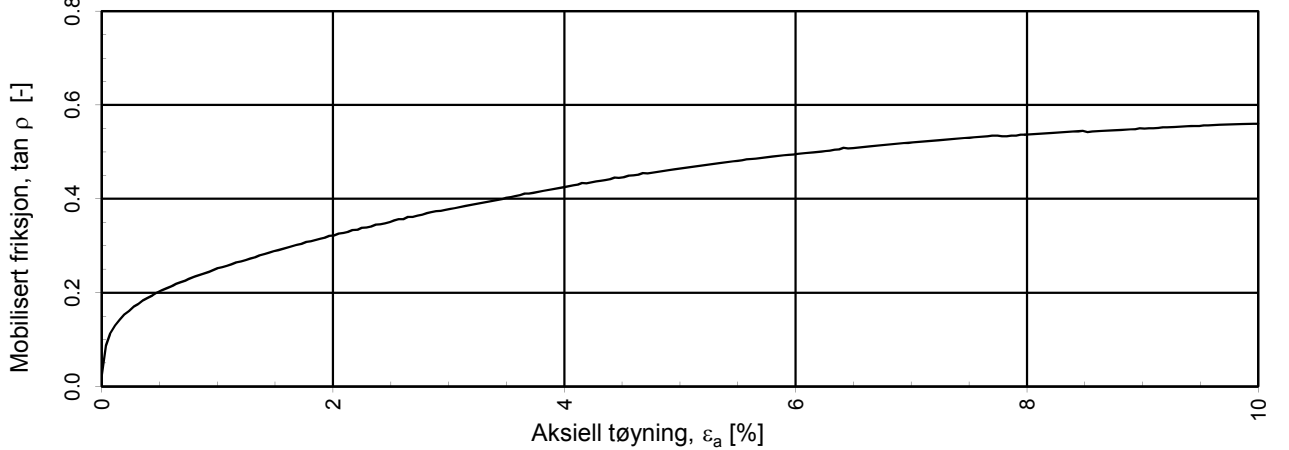
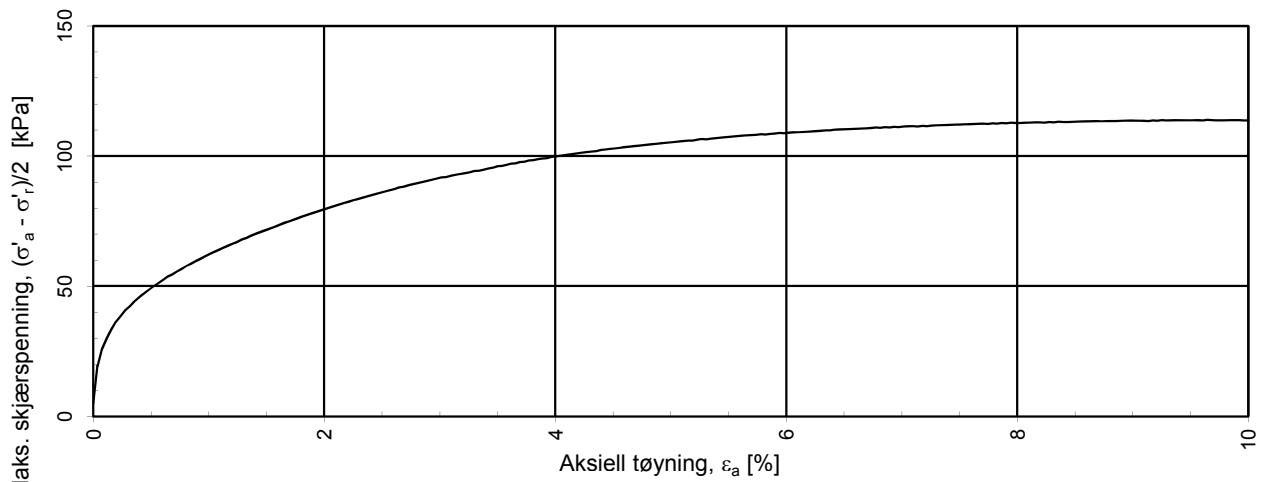
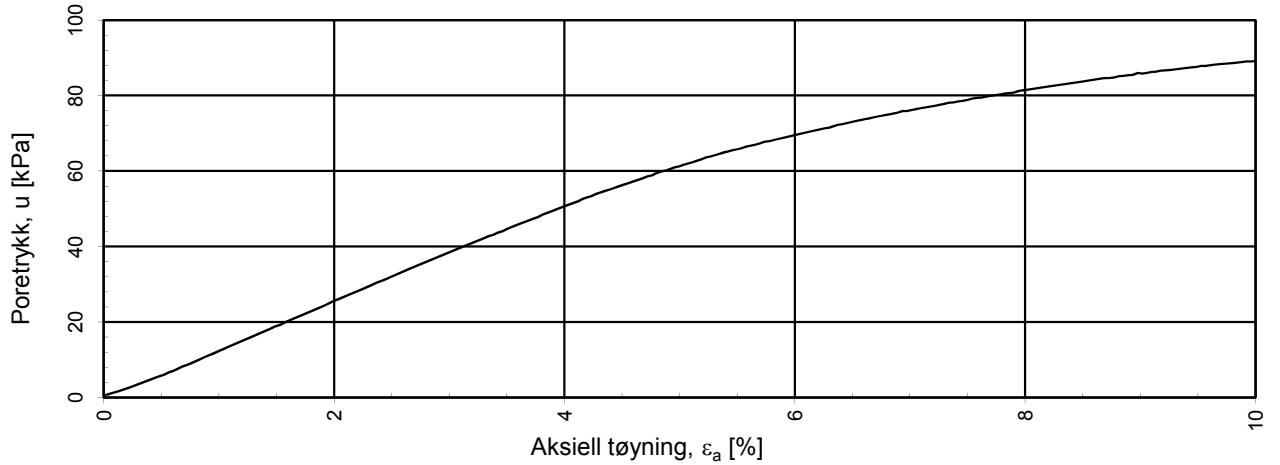
Tegningens filnavn:
Hull 2, 15,55m.xlsx



MULTICONSULT AS
Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 09.03.2011	Dybde, z (m): 15.55	Borpunkt nr.: 2
Forsøk nr.: 1	Tegnet: truk kjt	Kontrollert: sgh
Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 70.1	Prosedyre: CIUa

Godkjent: oaa
Programrevisjon: 02.02.2011



a = 10 kPa benyttet for tolkning av tan ρ

Åfjord kommune

Arnes, områderegulering

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

Hull 2, 15,55m.xlsx



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
09.03.2011

Forsøk nr.:
1

Oppdrag nr.:
414653

Dybde, z (m):
15.55

Tegnet:
truk kjt

Tegning nr.:
70.4

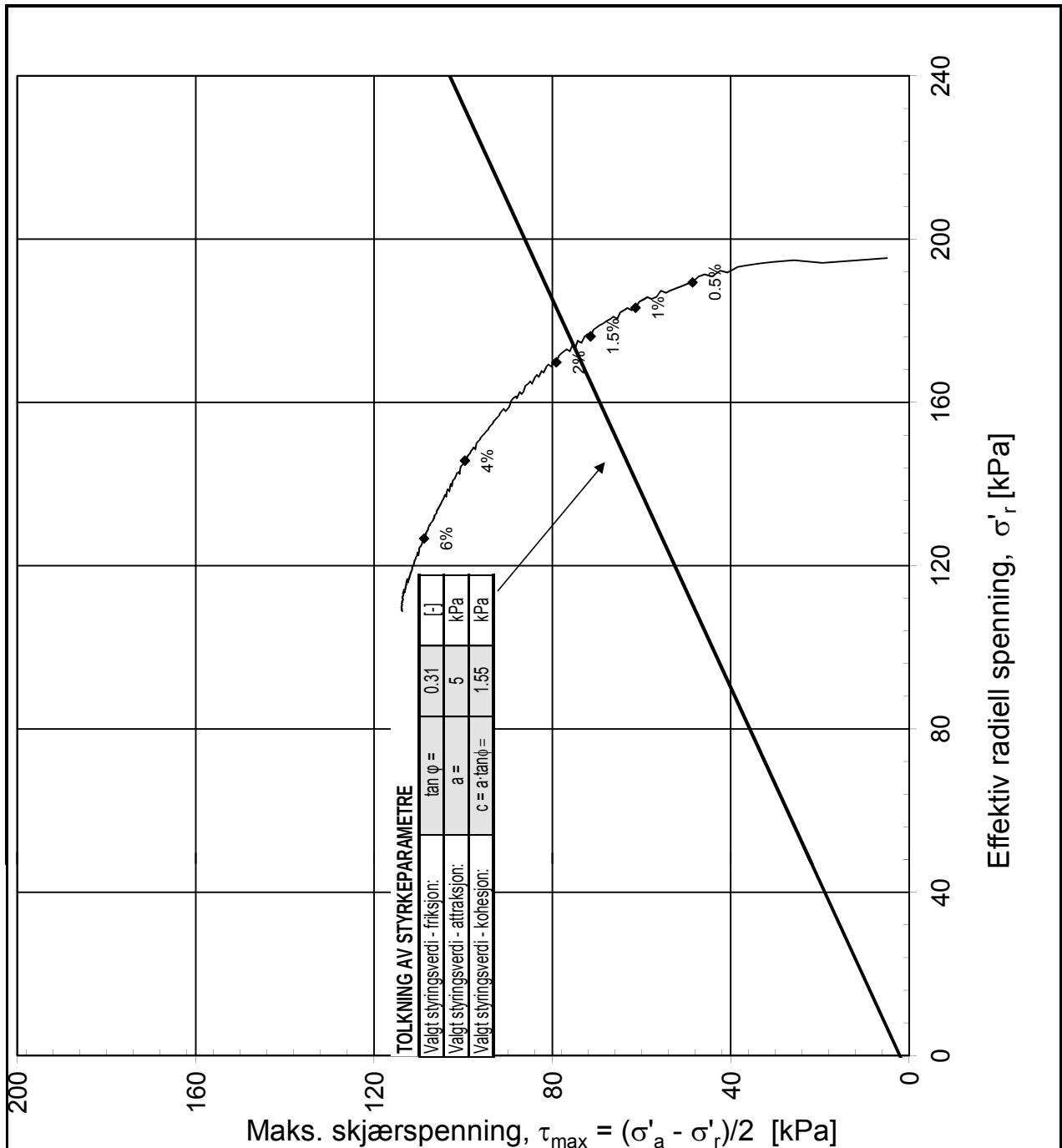
Borpunkt nr.:
2

Kontrollert:
sgh

Prosedyre:
CIUa

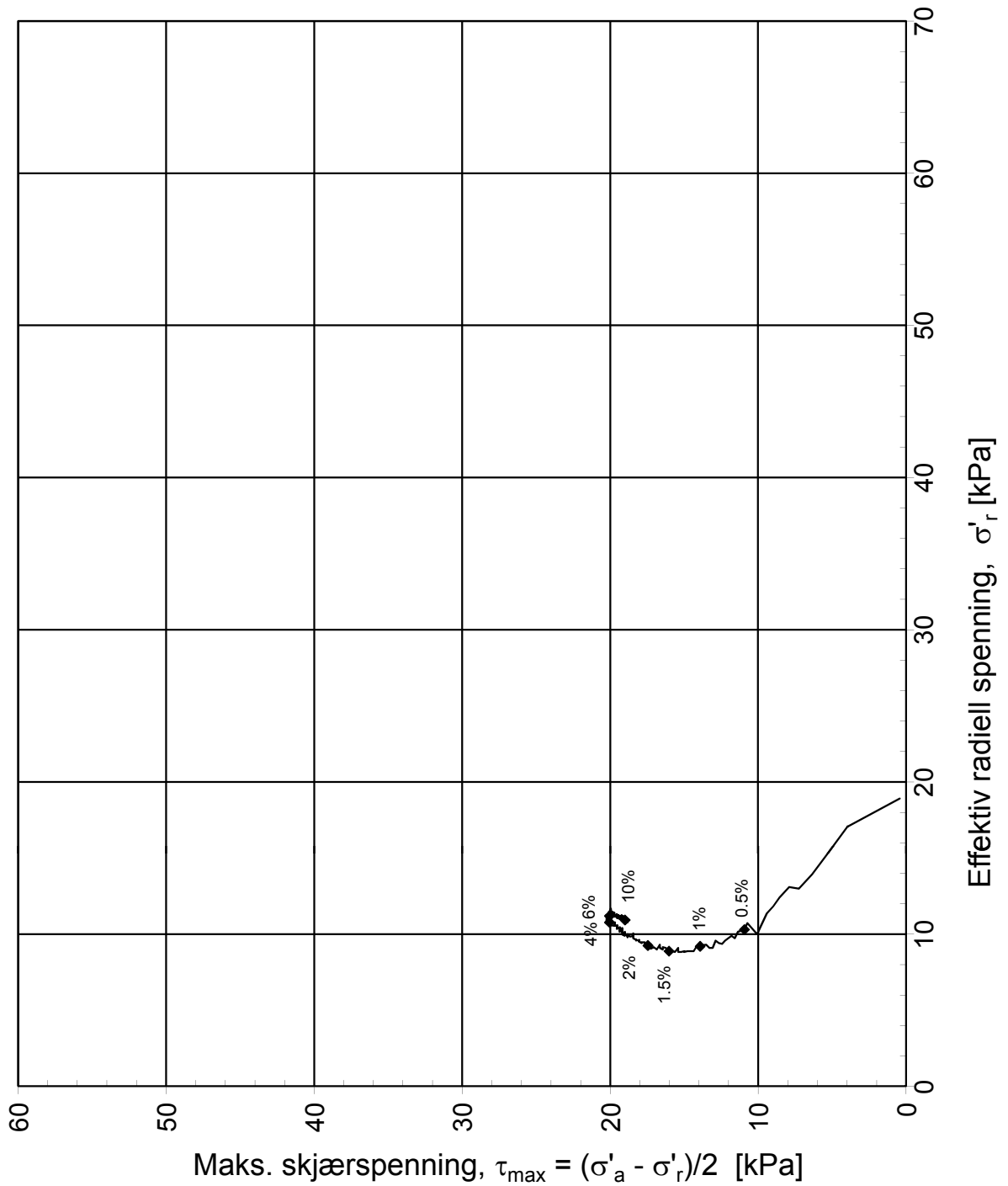
Godkjent:
oaa

Programrevisjon:
02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	208.30	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	197.89	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	10.15	
Baktrykk u_b (kPa):	0	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	N/A
Vanninnhold w_i (%):	24.20	Densitet ρ_i (g/cm ³):	2.04

Åfjord kommune		Prøvekvalitet	Tegningens filnavn:
Årnes, områderegulering		Etter volumtøyning:	Hull 2, 15,55m.xlsx
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:	
MULTICONSULT AS Sluppenvegen 23, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	
	09.03.2011	15.55	
	Borpunkt nr.:	2	
Forsøk nr.:	1	Tegnet:	Kontrollert:
		truk kjt	sg
Oppdrag nr.:	414653	Tegning nr.:	Prosedyre:
		70.6	CIUa
			Godkjent:
			oaa
			Programrevisjon:
			02.02.2011



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	19.79
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	18.91
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2.18
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.98
Vanninnhold w_i (%):	28.50	Densitet ρ_i (g/cm ³): 2.00

Afjord Kommune

Årnes, områderegulering

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:
CAUa H13.dybde 2,40m

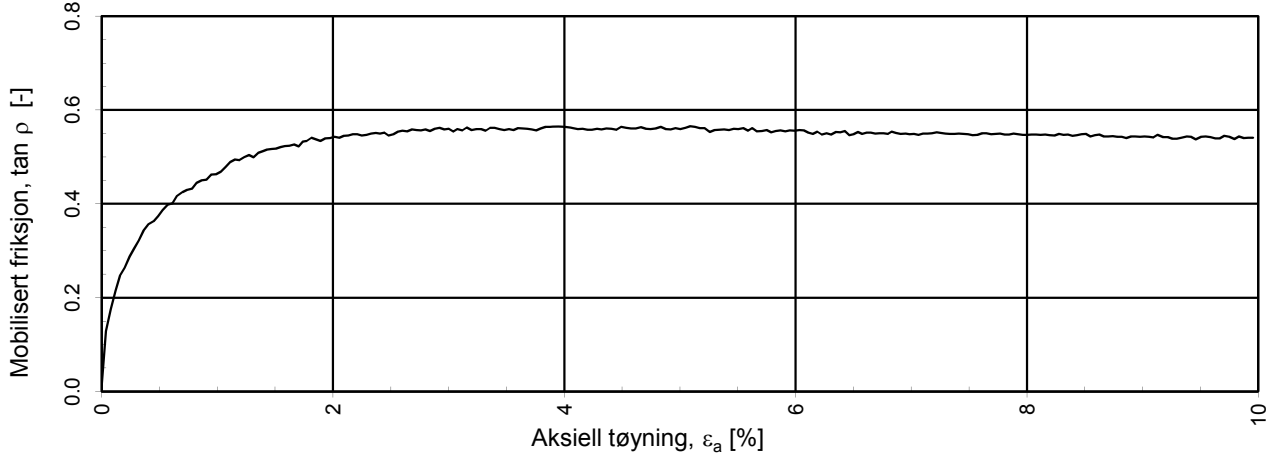
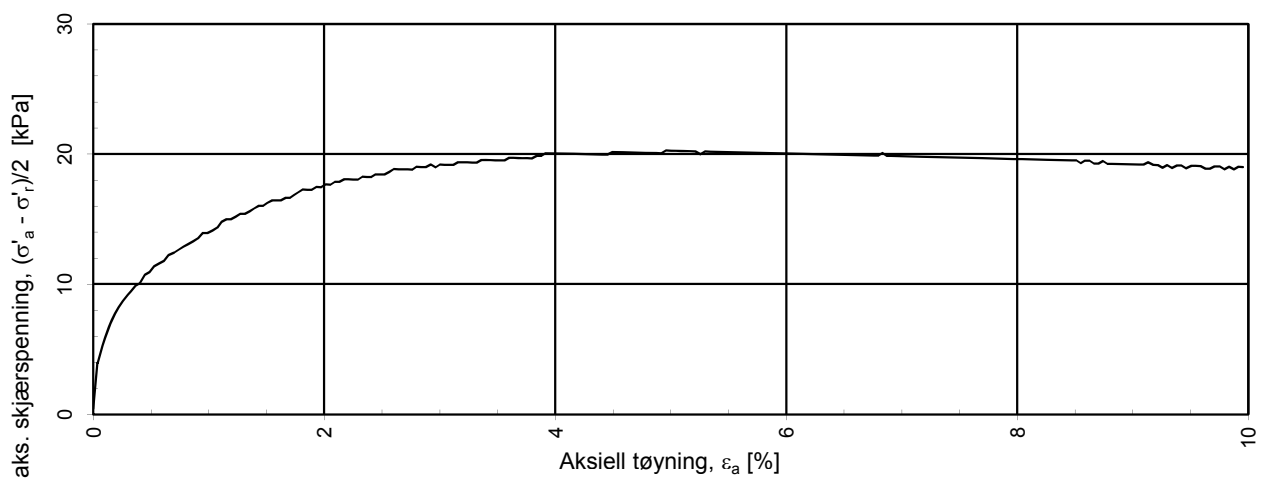
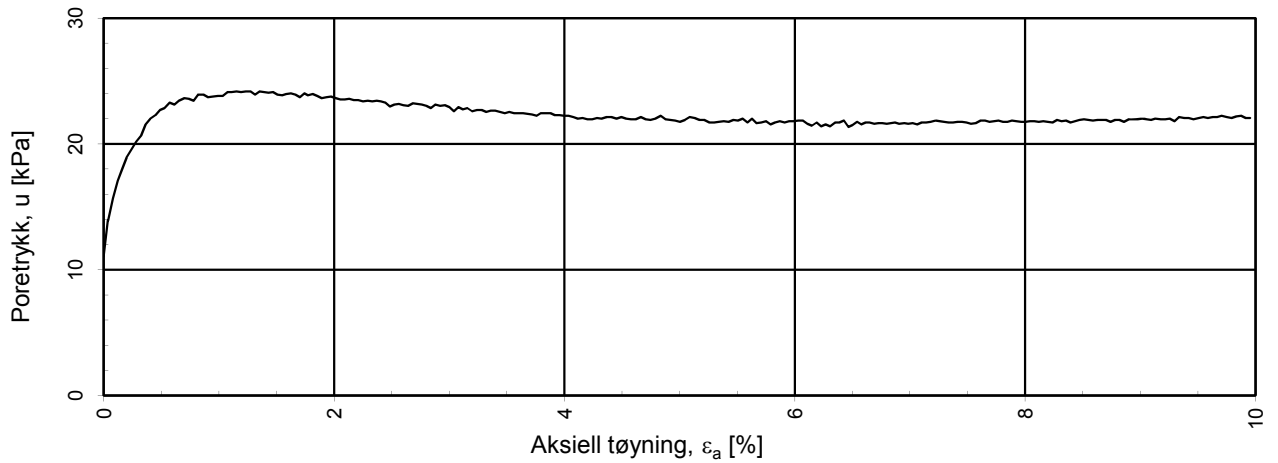
MULTICONSULT AS
Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 19.09.2011	Dybde, z (m): 2.40	Borpunkt nr.: 13
Forsøk nr.: 1	Tegnet: kjt	Kontrollert: sgh
Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 80.1	Prosedyre: CAUa



Godkjent:
oaa

Programrevisjon:
02.02.2011



$a = 10$ kPa benyttet for tolkning av $\tan \rho$

Åfjord Kommune

Arnes, områderegulering

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

CAUa H13, dybde 2,40m



MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
19.09.2011

Dybde, z (m):
2.40

Borpunkt nr.:
13

Forsøk nr.:
1

Tegnet:
kjt

Kontrollert:
sgh

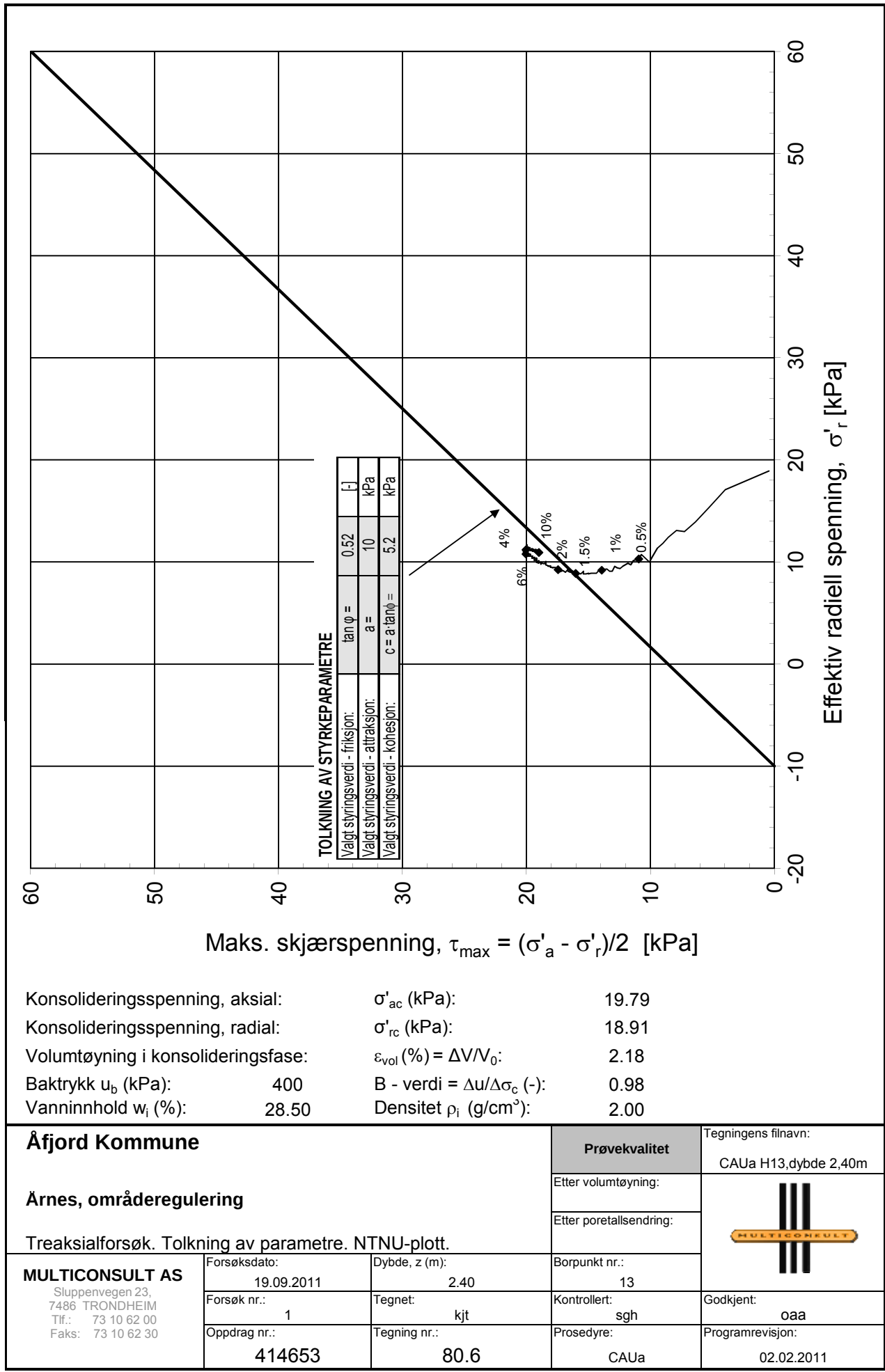
Godkjent:
oaa

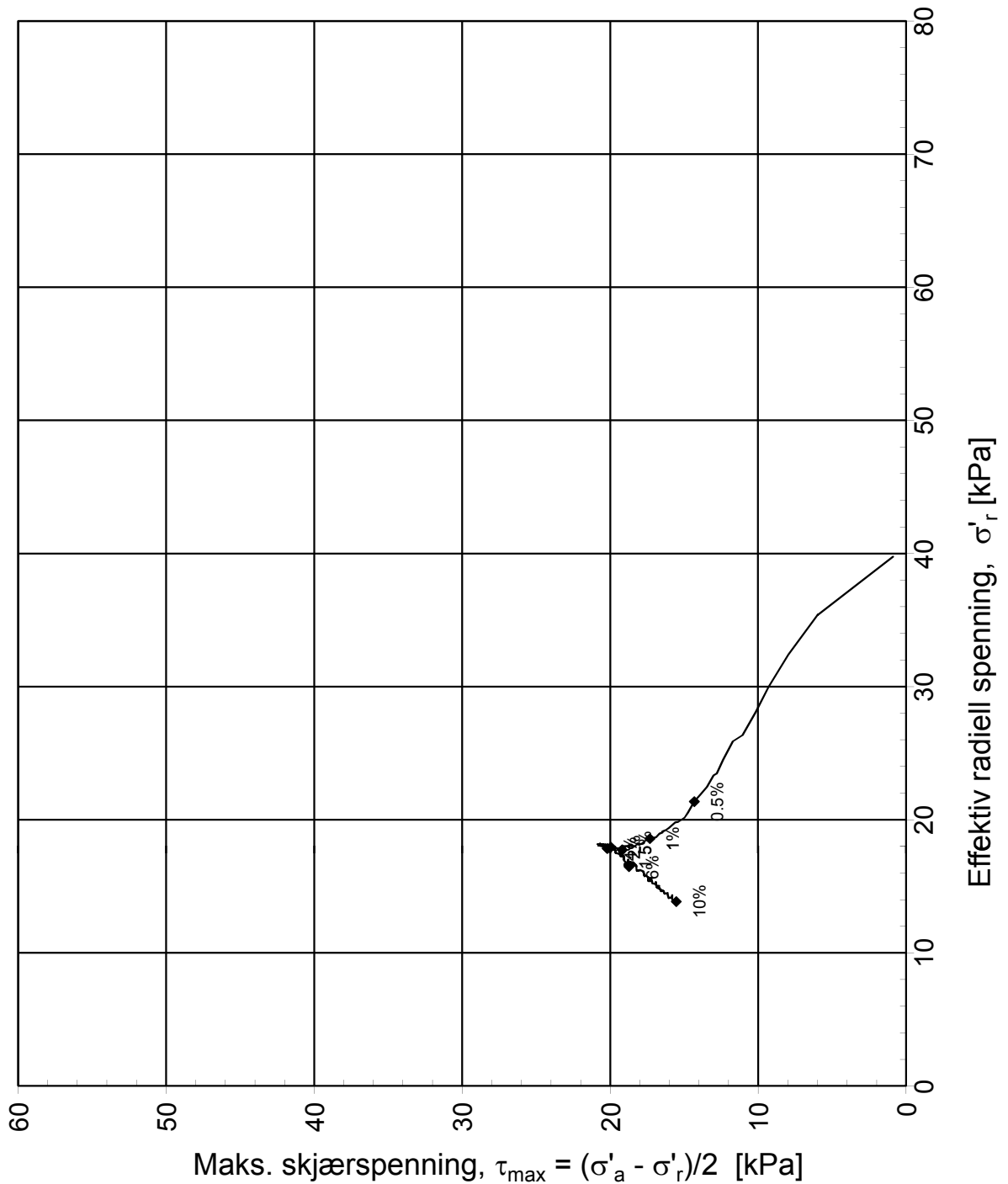
Oppdrag nr.:
414653

Tegning nr.:
80.4

Prosedyre:
CAUa

Programrevisjon:
02.02.2011





Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	41.52
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	39.75
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2.84
Baktrykk u_b (kPa):	400	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-): 0.97
Vanninnhold w_i (%):	22.74	Densitet ρ_i (g/cm ³): 2.08

Afjord kommune

Årnes, områderegulering

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

Tegningens filnavn:
CAUa,Hull 13, 4.2m.xlsx

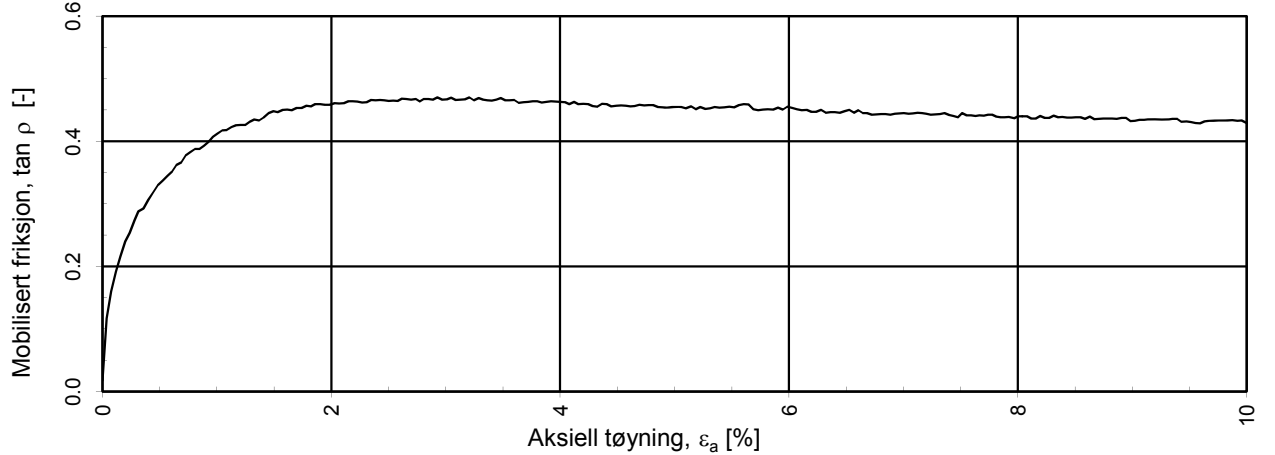
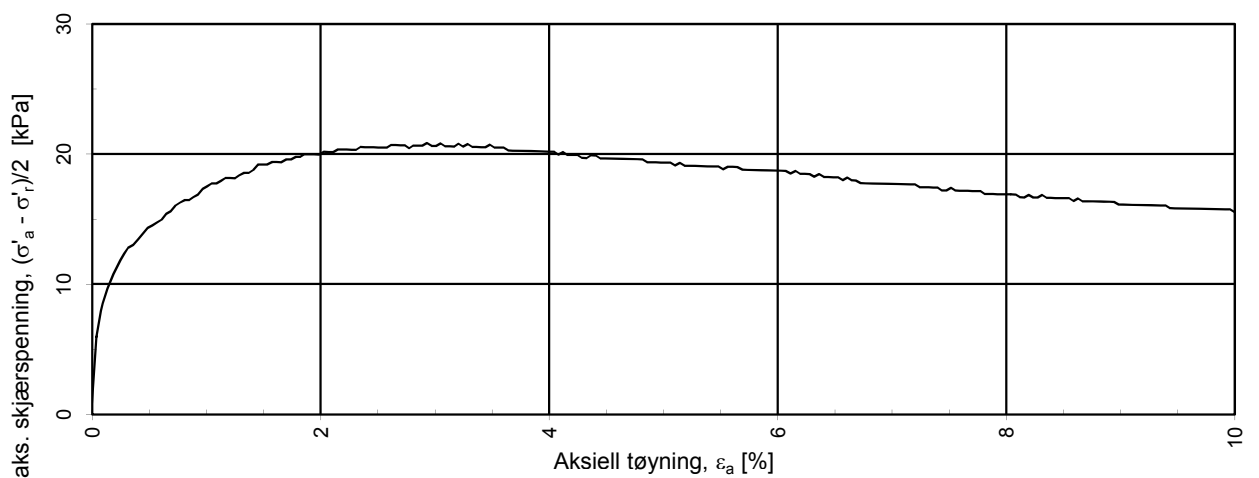
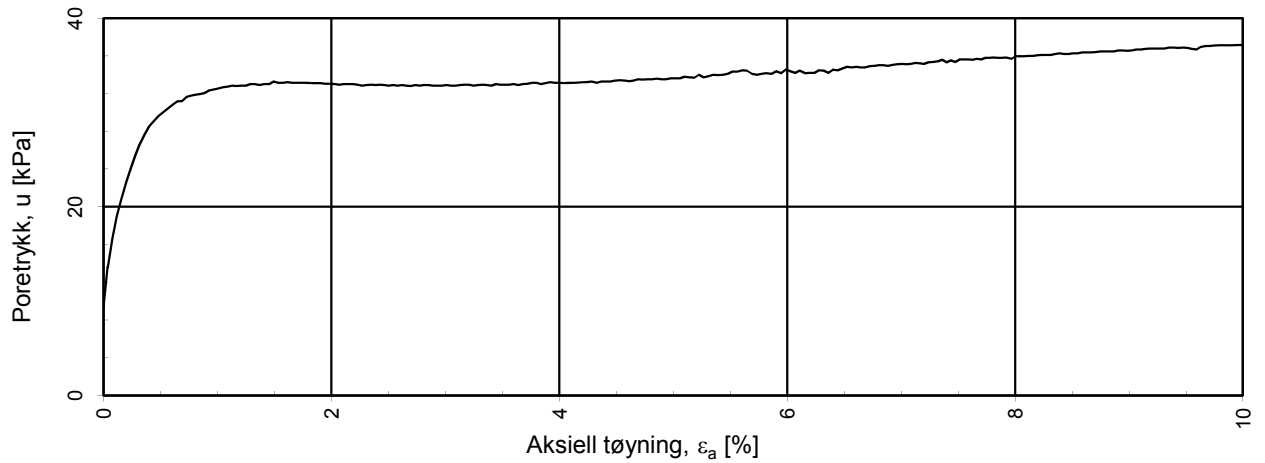
MULTICONSULT AS
Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 28.09.2011	Dybde, z (m): 4.20	Borpunkt nr.: 13
Forsøk nr.: 2	Tegnet: truk	Kontrollert: sgh
Oppdrag nr.: 414653	Tegning nr.: 90.1	Prosedyre: CAUa



Godkjent:
oaa

Programrevisjon:
02.02.2011



$a = 10 \text{ kPa}$ benyttet for tolkning av $\tan \rho$

Åfjord kommune

Arnes, områderegulering

Treaksialforsøk. Poretrykks- og mobiliseringsforløp.

Tegningens filnavn:

CAUa,Hull 13, 4.2m.xlsx

MULTICONSULT AS

Sluppenvegen 23,
7486 TRONDHEIM
Tlf.: 73 10 62 00
Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
28.09.2011

Forsøk nr.:
2

Oppdrag nr.:
414653

Dybde, z (m):
4.20

Tegnet:
truk

Tegning nr.:
90.4

Borpunkt nr.:
13

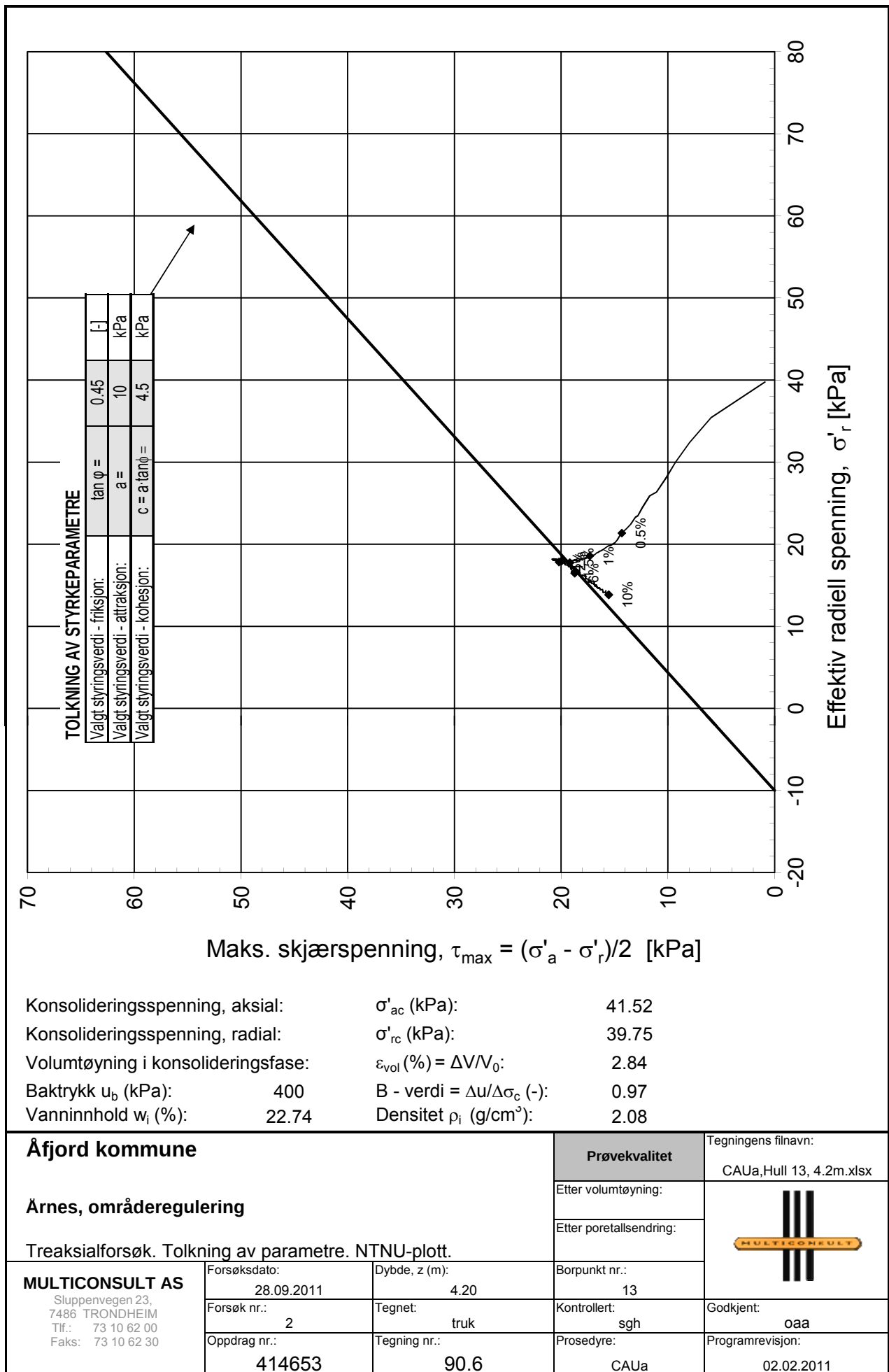
Kontrollert:
sg

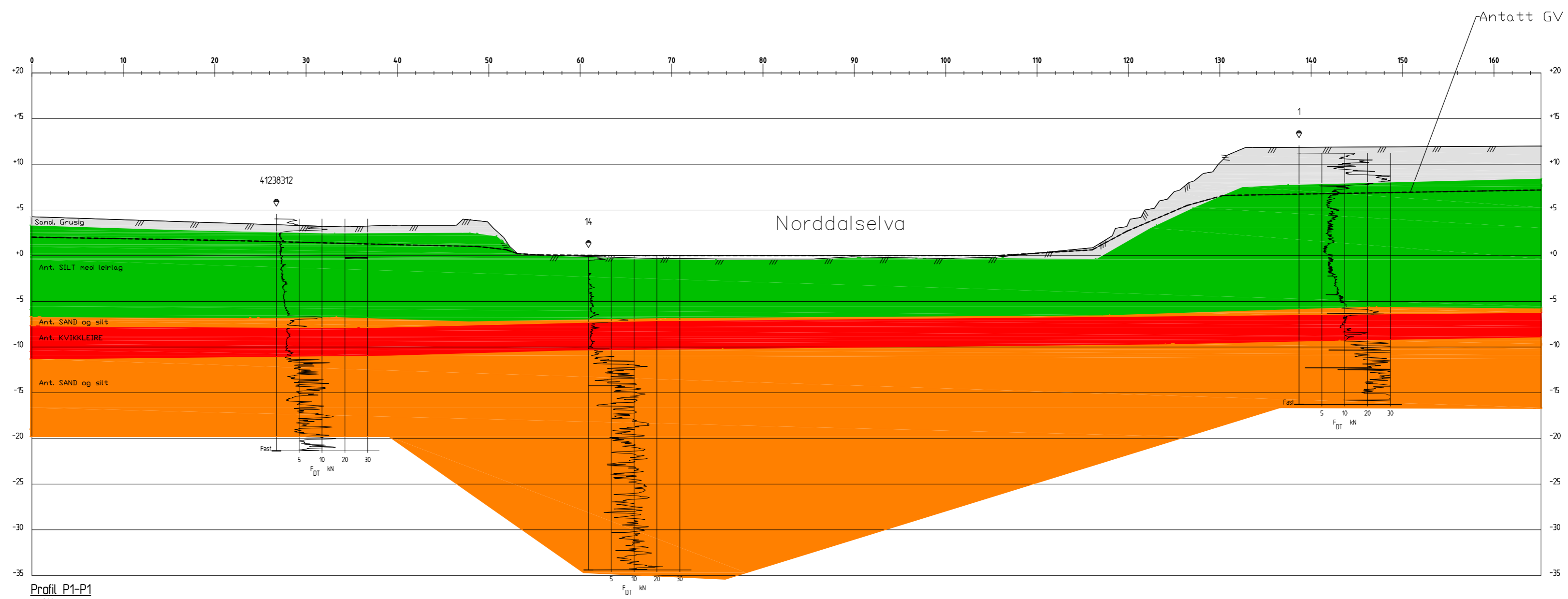
Prosedyre:
CAUa

Godkjent:
oaa

Programrevisjon:
02.02.2011

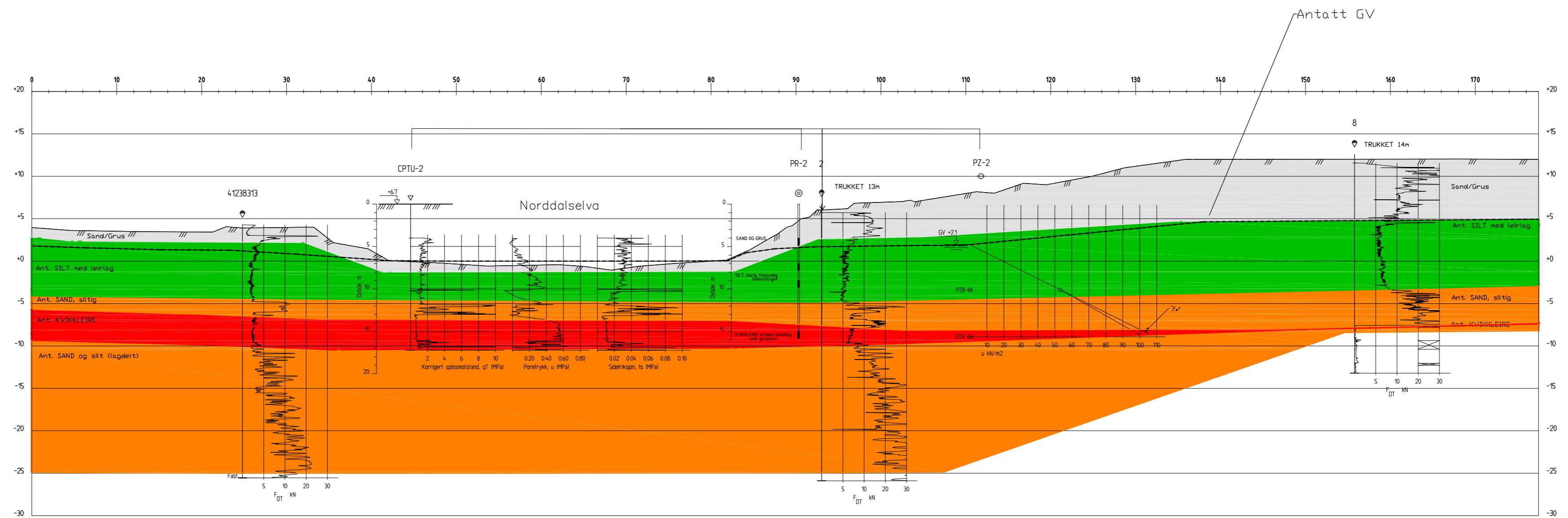






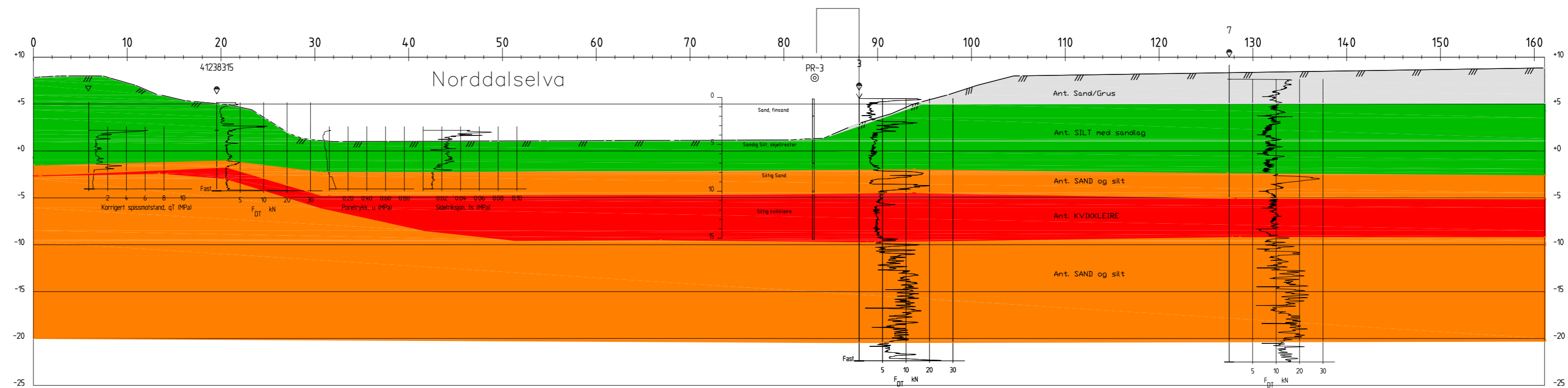
Profil P1-P1
1: 200

A		Justert lagdeling og GV		24.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk				
Lengdeprofil P1-P1		Tegningens filnavn P1-101_REV-A_24.05.2012.dwg	Underlagets filnavn kartunderlag.dwg				
		Målestokk 1: 400					
MULTICONSULT AS		Dato 16.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA		
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 101	Rev. A			

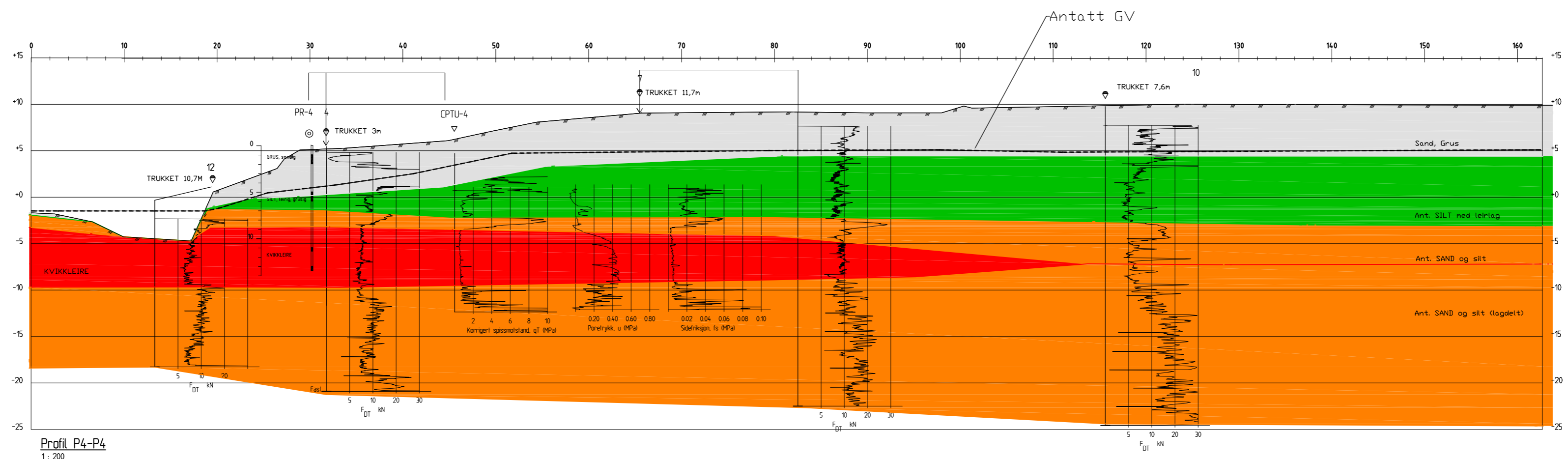


Profil P2-P2
1:200

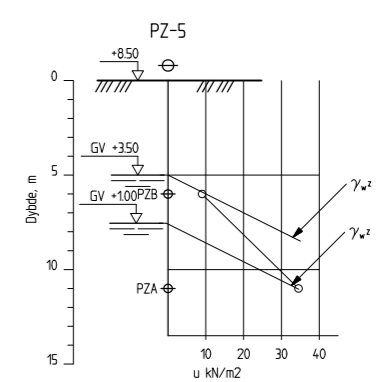
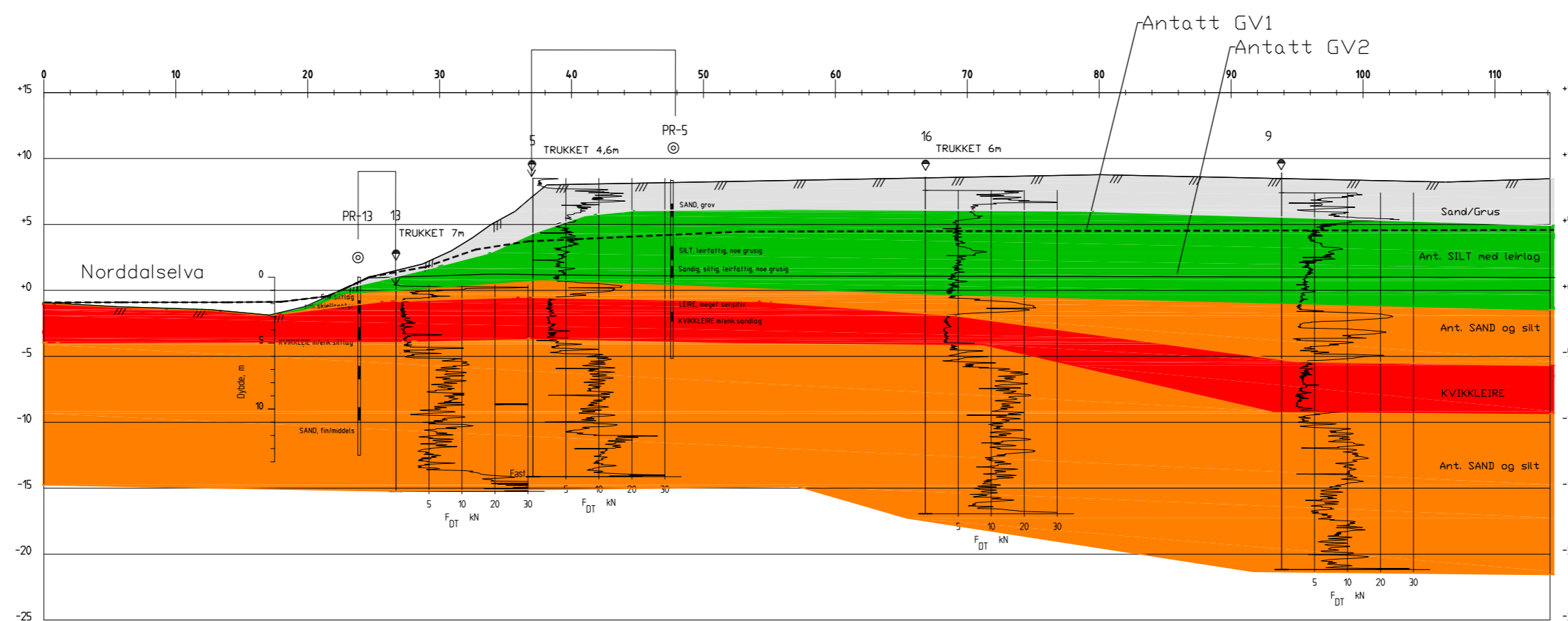
A Justert lagdeling og GV		24.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P2-P2		Tegningens filnavn P2-102_REV-A_24.05.2012.dwg	Underlagets filnavn kartunderlag.dwg		
MULTICONSULT AS		Målestokk 1:400			
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 16.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 102	Rev.	A



A Justert lagdeling		24.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Original format A3 forlenget	Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P3-103_REV-A_24.05.2012.dwg			
		Underlagets filnavn kartunderlag.dwg			
Lengdeprofil P3-P3		Målestokk 1: 400			
MULTICONSULT AS		Dato 16.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 103	Rev. A	

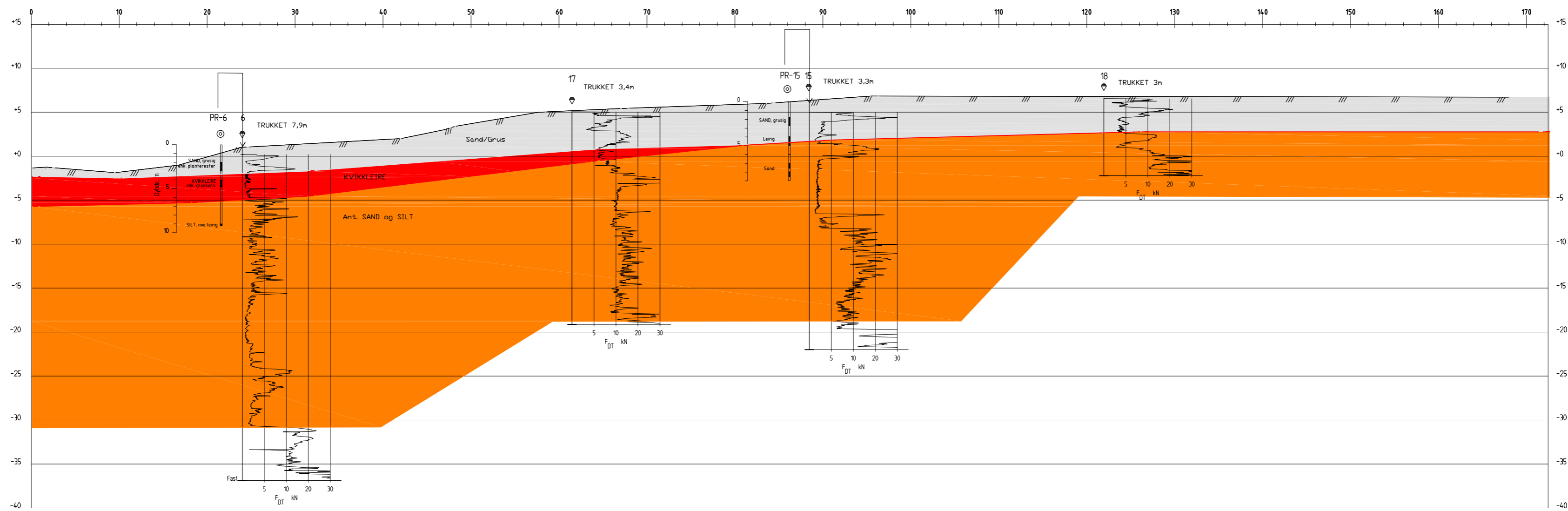


A		Justert lagdeling og GV		24.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk				
Lengdeprofil P4-P4		Tegningens filnavn P4-104_REV-A_24.05.2012.dwg		Underlagets filnavn kartunderlag.dwg			
		Målestokk	1:400				
MULTICONSULT AS		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent		
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		16.02.2012	miab	SGH	OAA		
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.			
		414653	104	A			



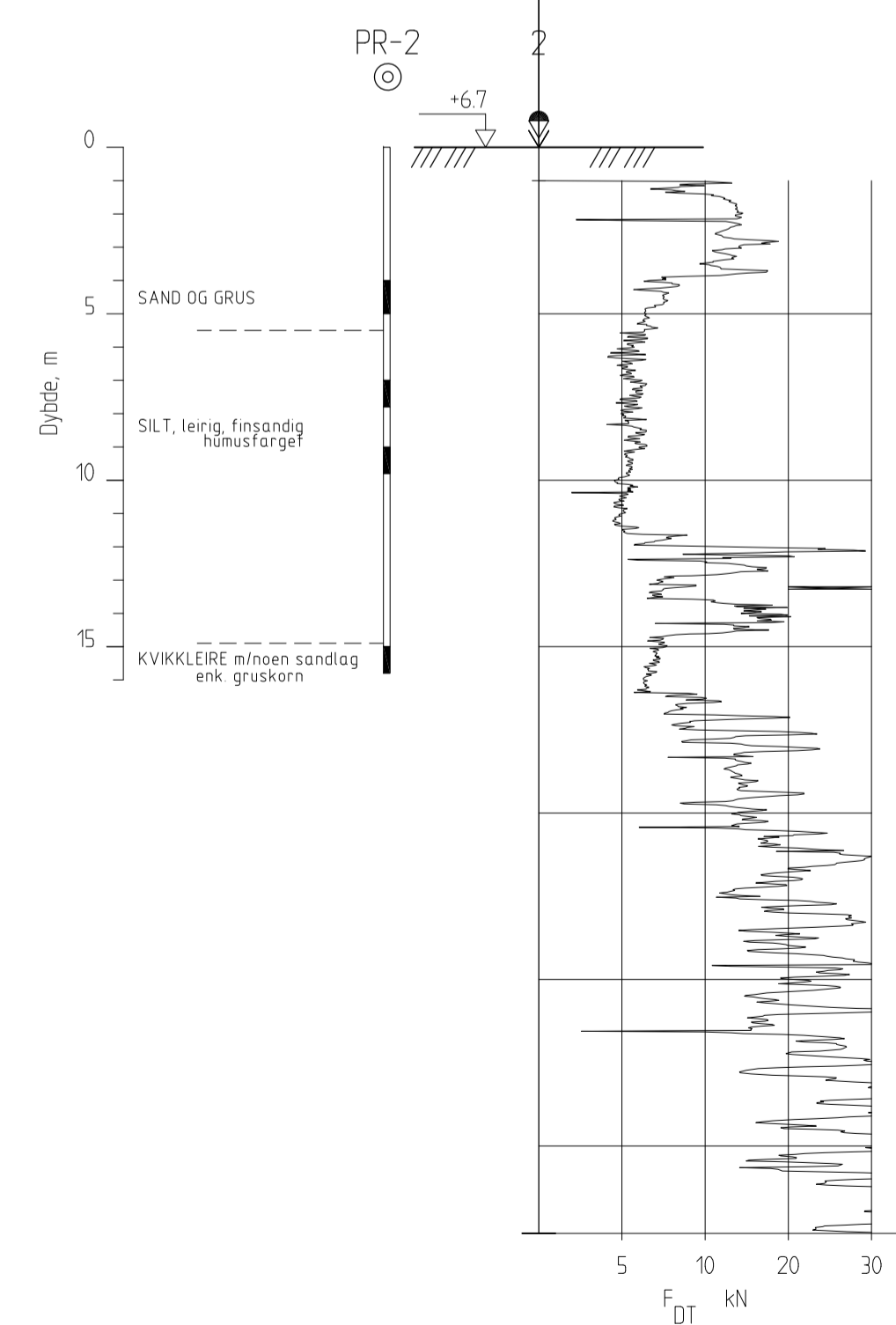
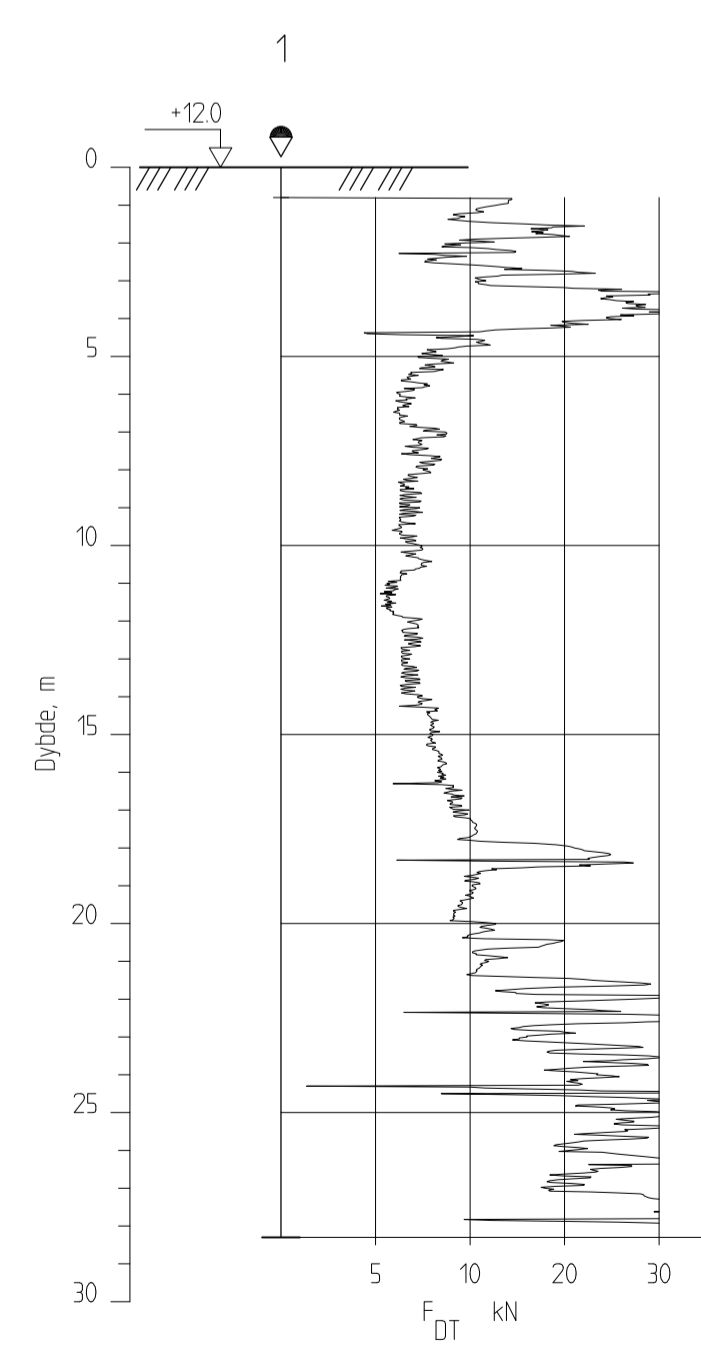
Profil P5-P5
1: 200

A Justert lagdeling og GV		24.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P5-P5		Tegningens filnavn P5-105_REV-A_24.05.2012.dwg		Underlagets filnavn kartunderlag.dwg	
MULTICONSULT AS		Målestokk 1: 400			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 16.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 105	Rev. A	

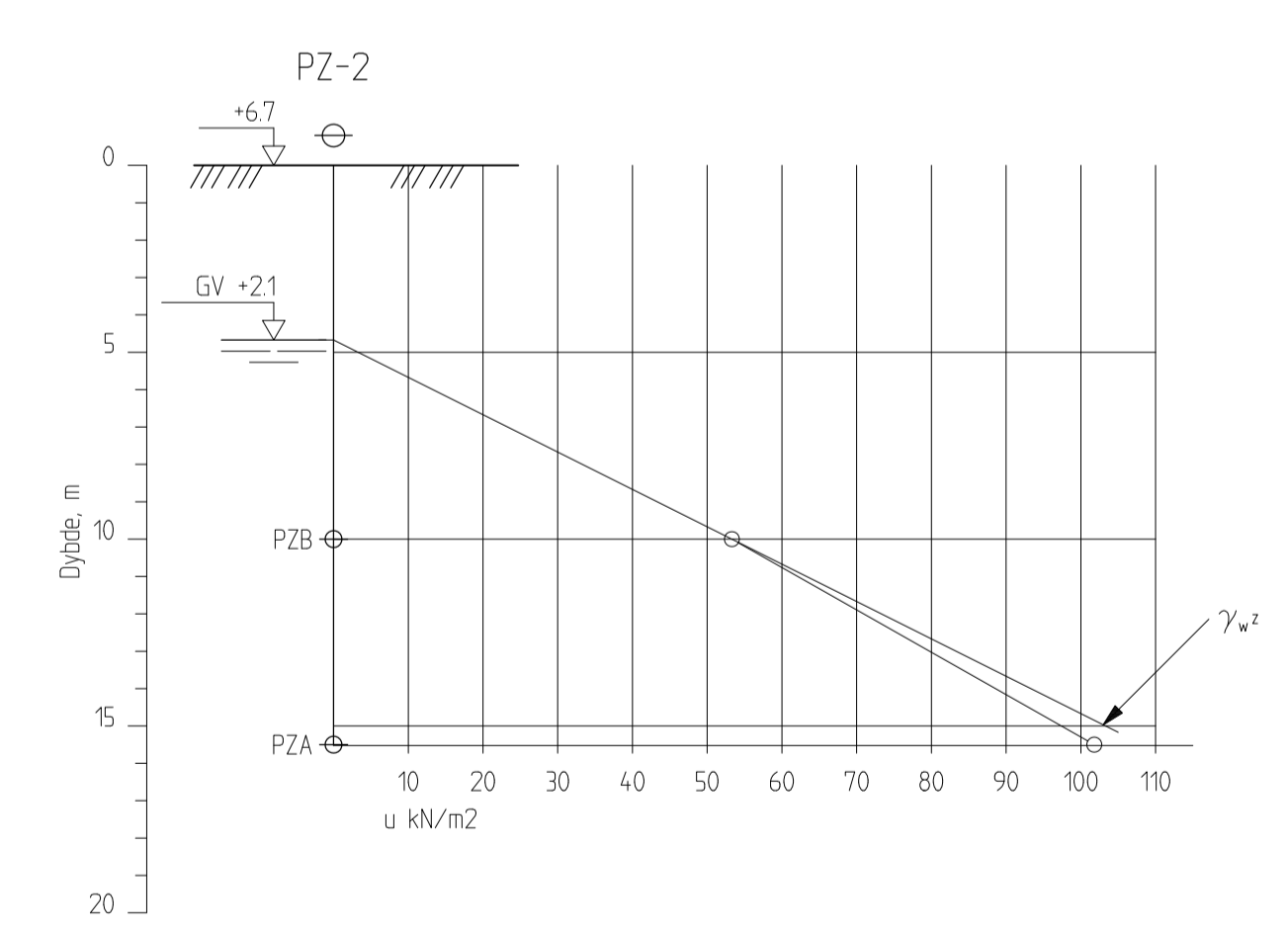


Profil P6-P6
1:200

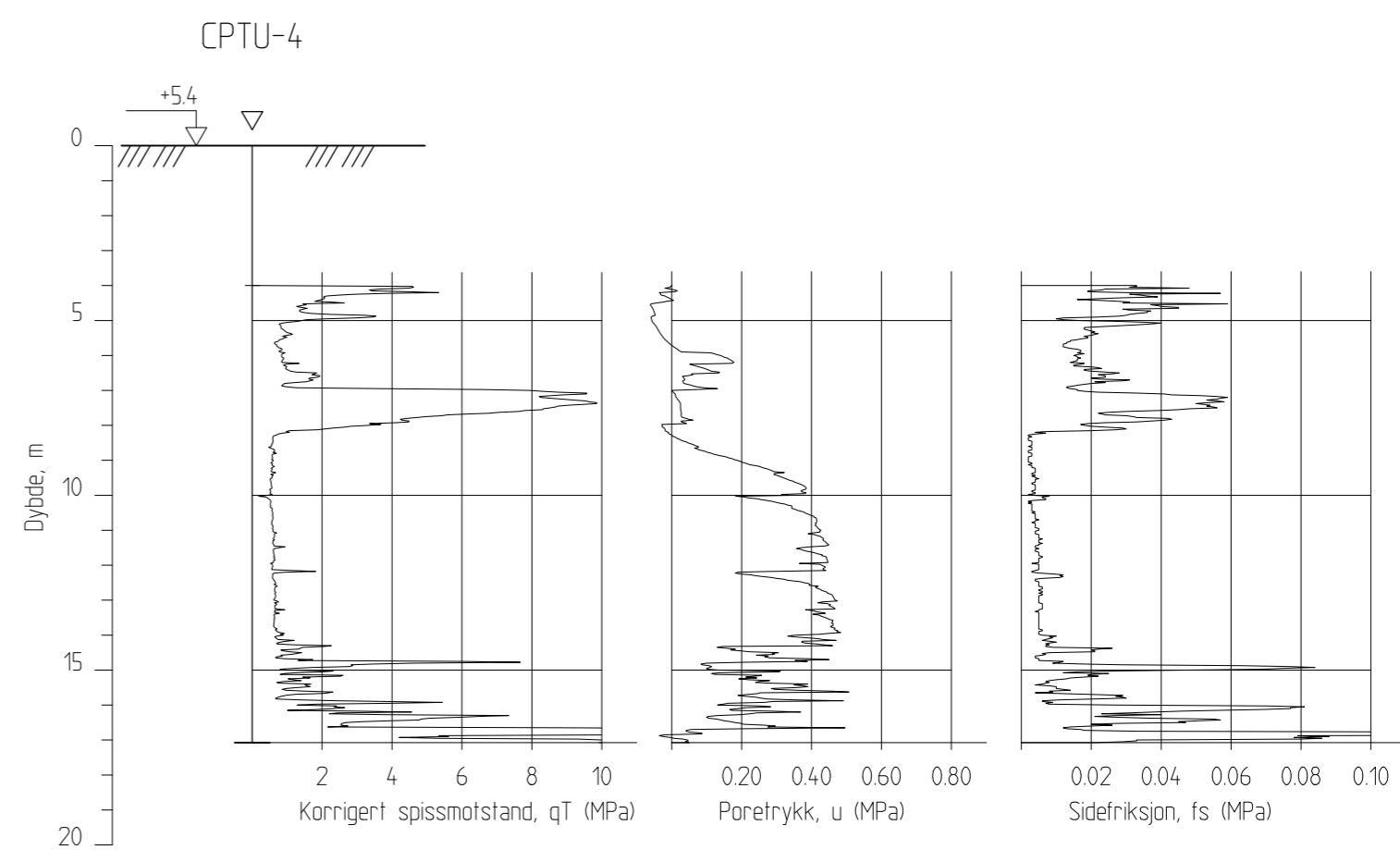
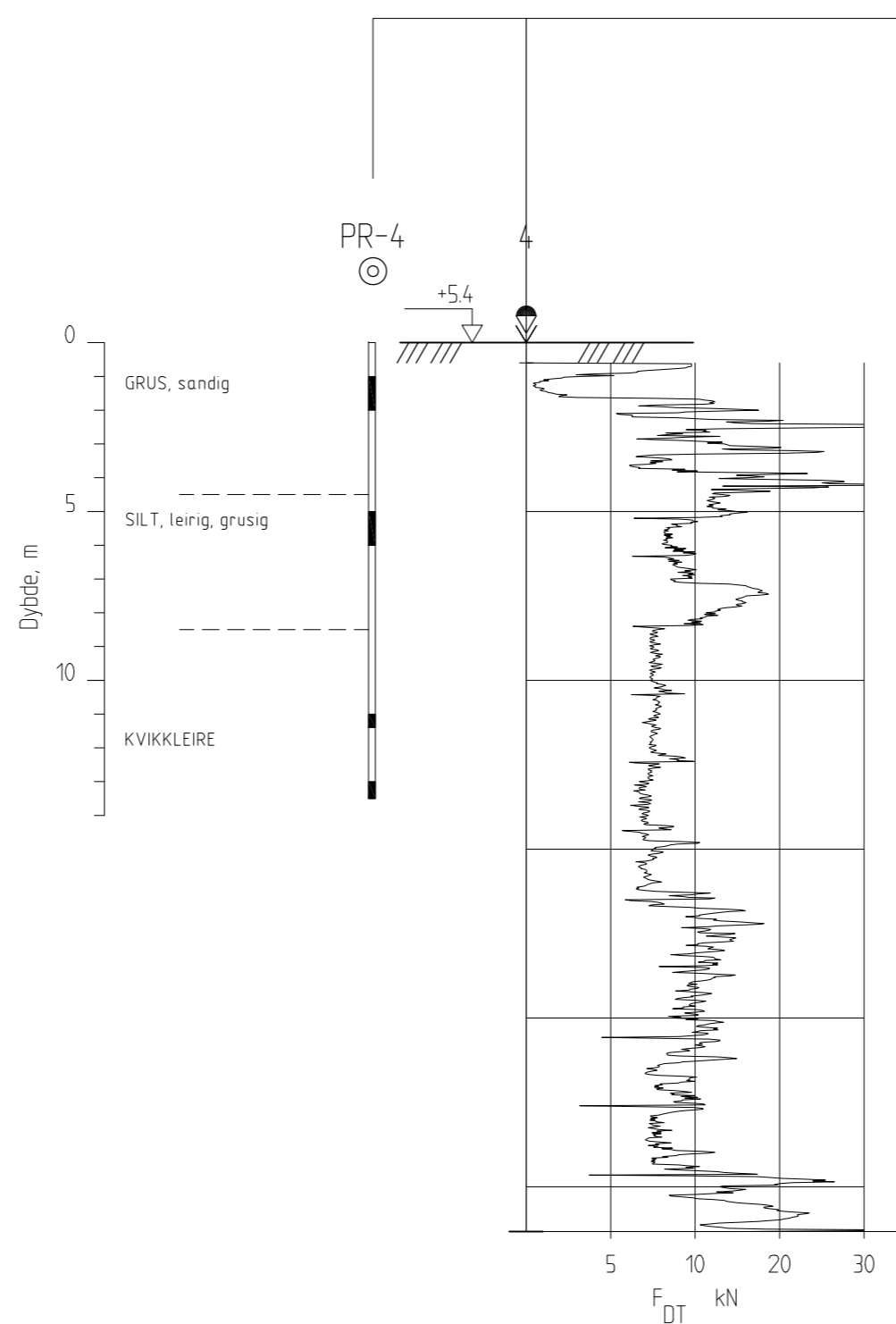
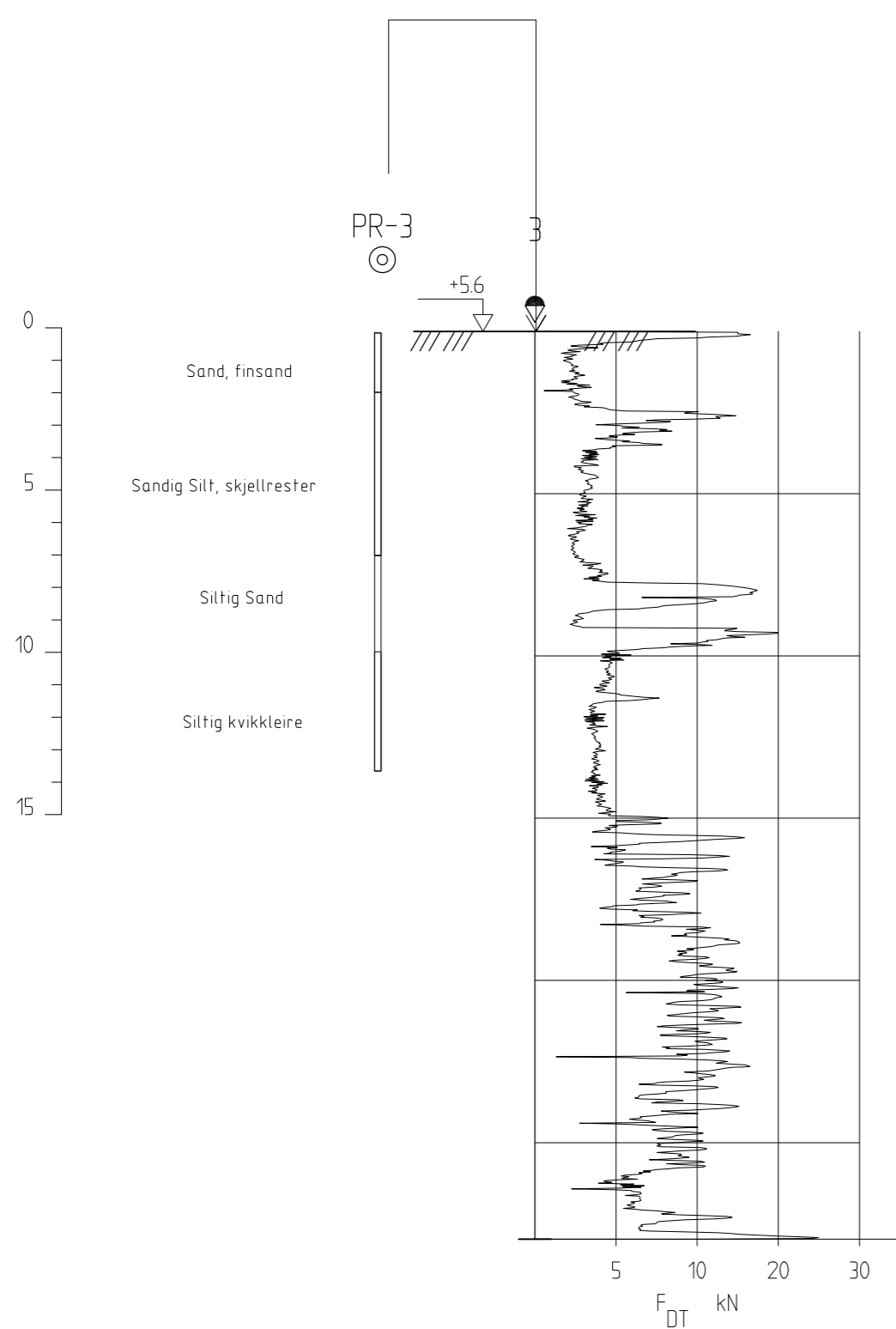
A Justert lagdeling		24.05.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P6-P6		Tegningens filnavn P6-106_REV-A_24.05.2012.dwg	Underlagets filnavn kartunderlag.dwg		
MULTICONCONSULT AS		Målestokk 1:400			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 16.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 106	Rev. A	



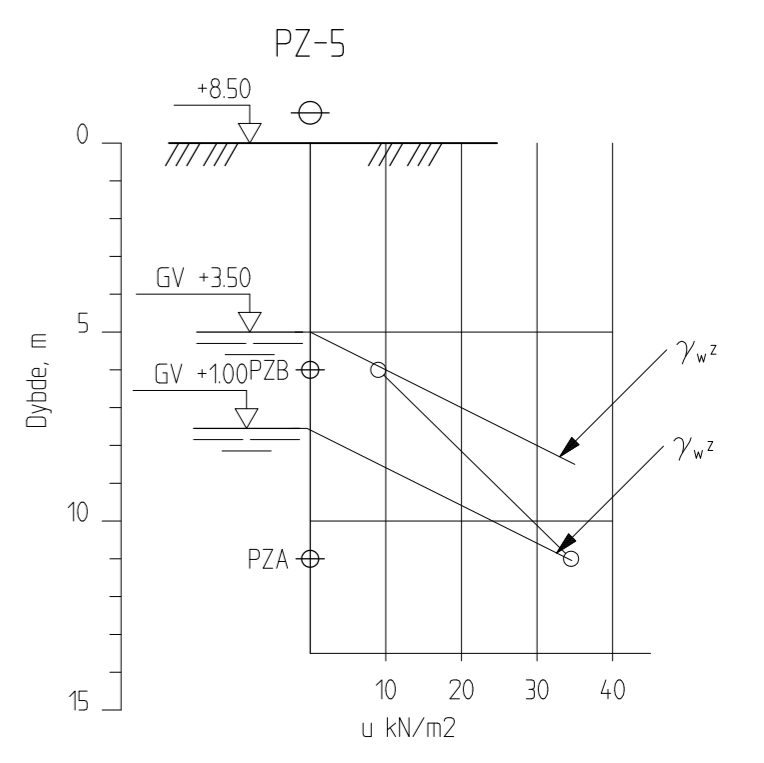
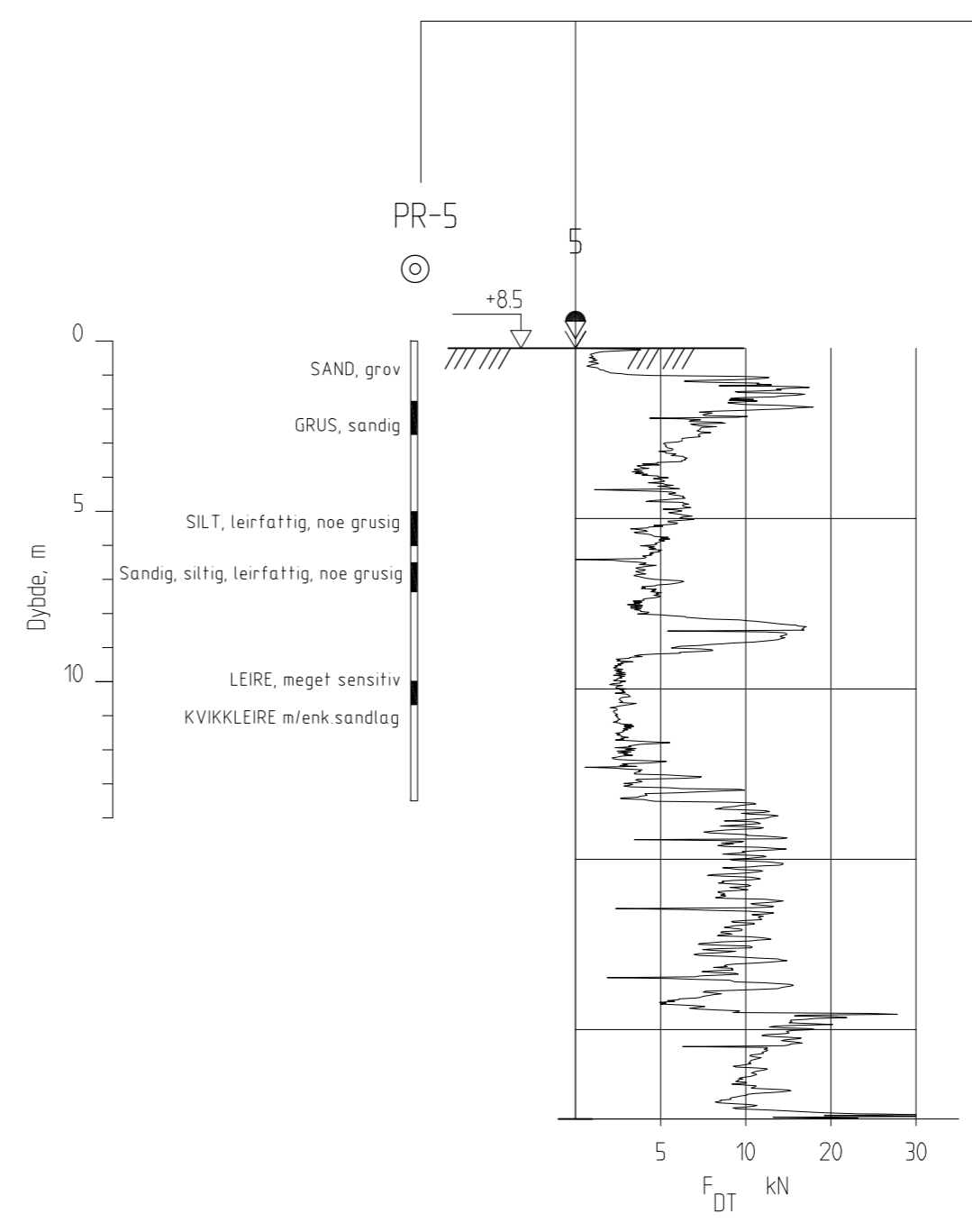
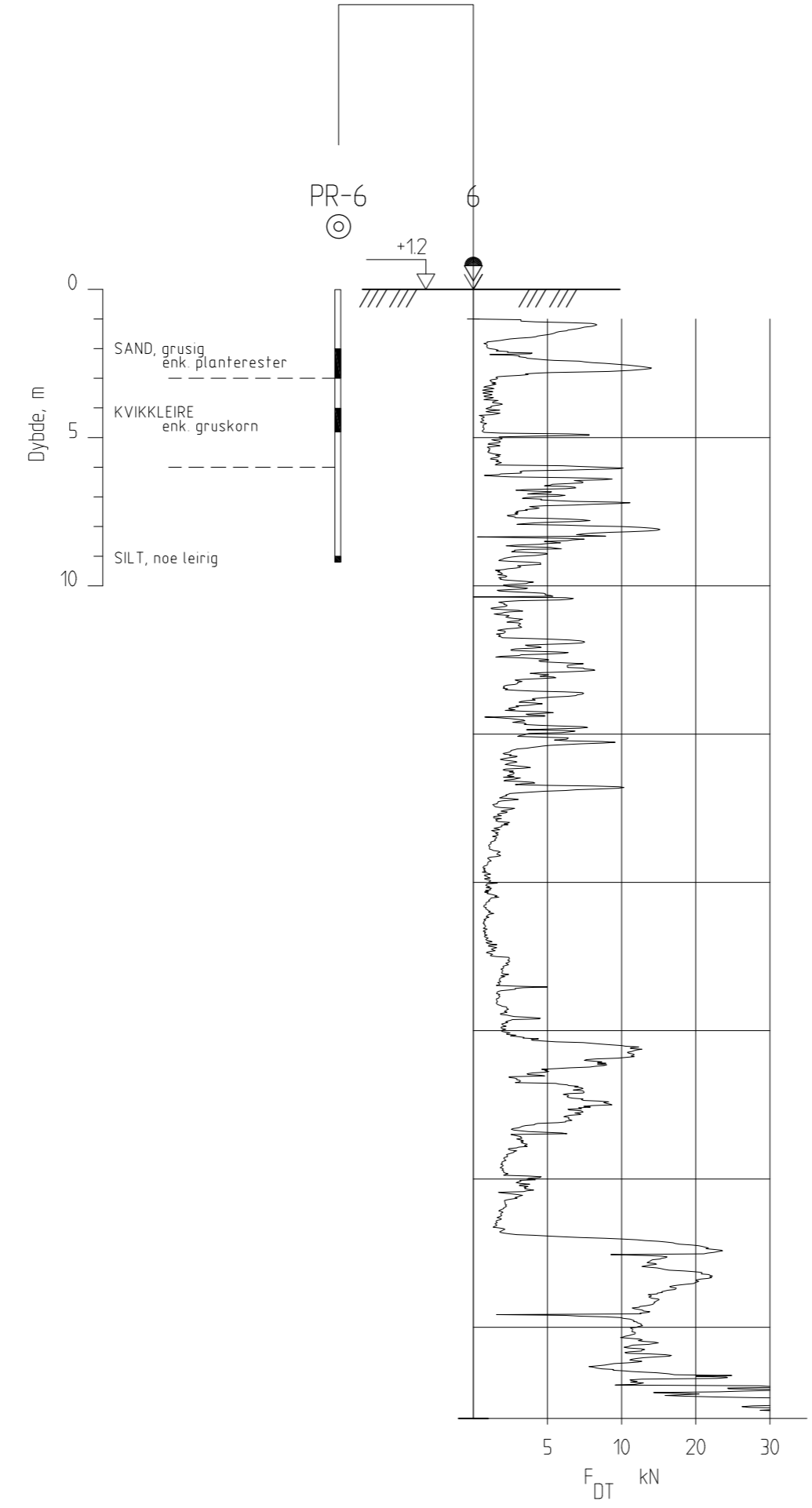
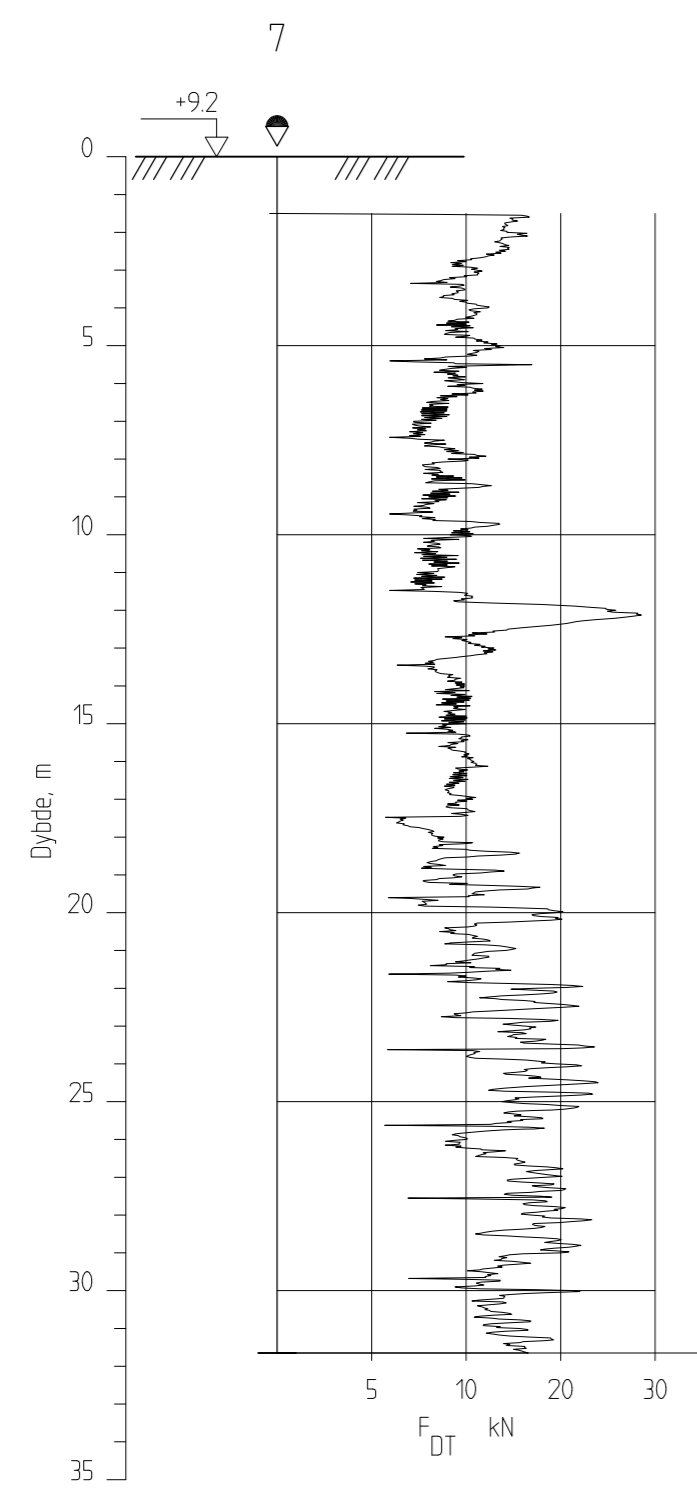
SAND OG GRUS
 SILT, leirig, finsandig
 humusfargef
 KVIKLEIRE m/innen sandlag
 enk gruskorn



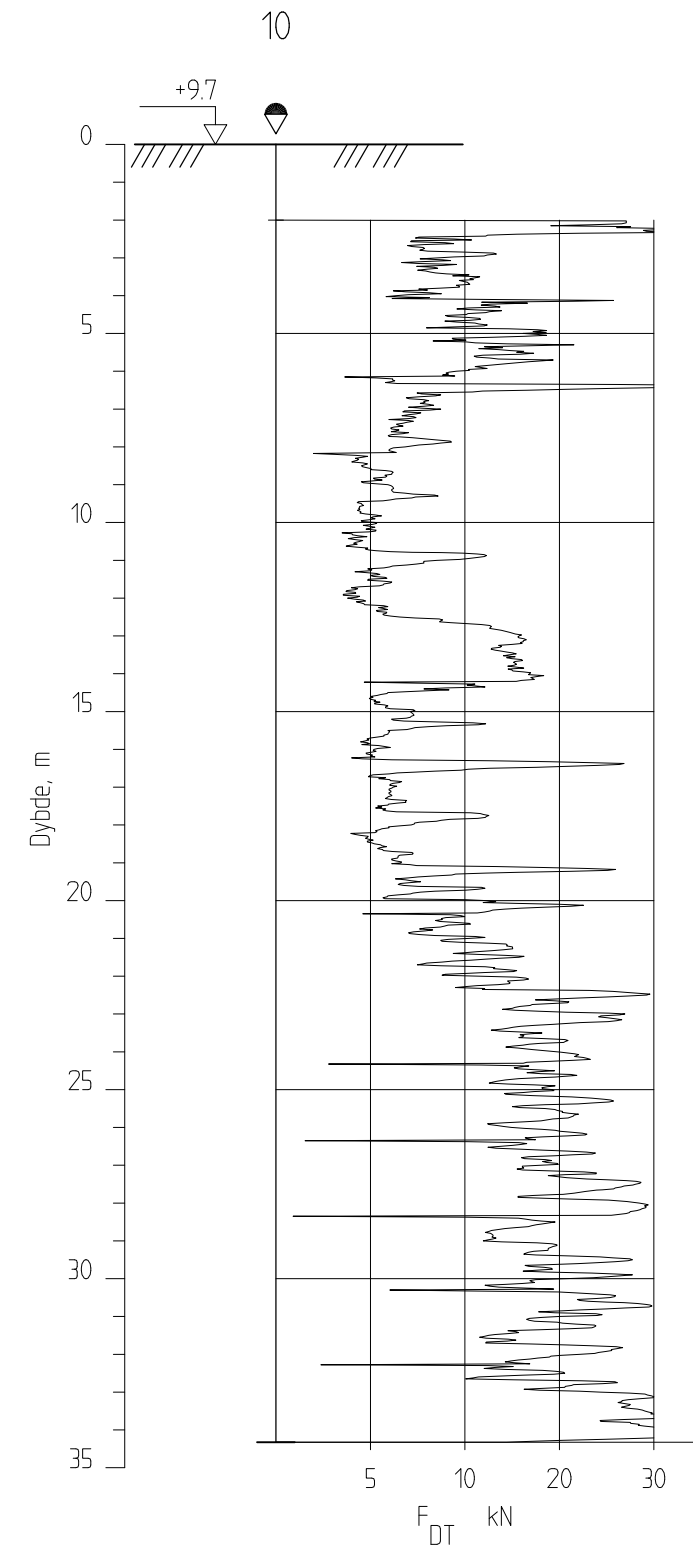
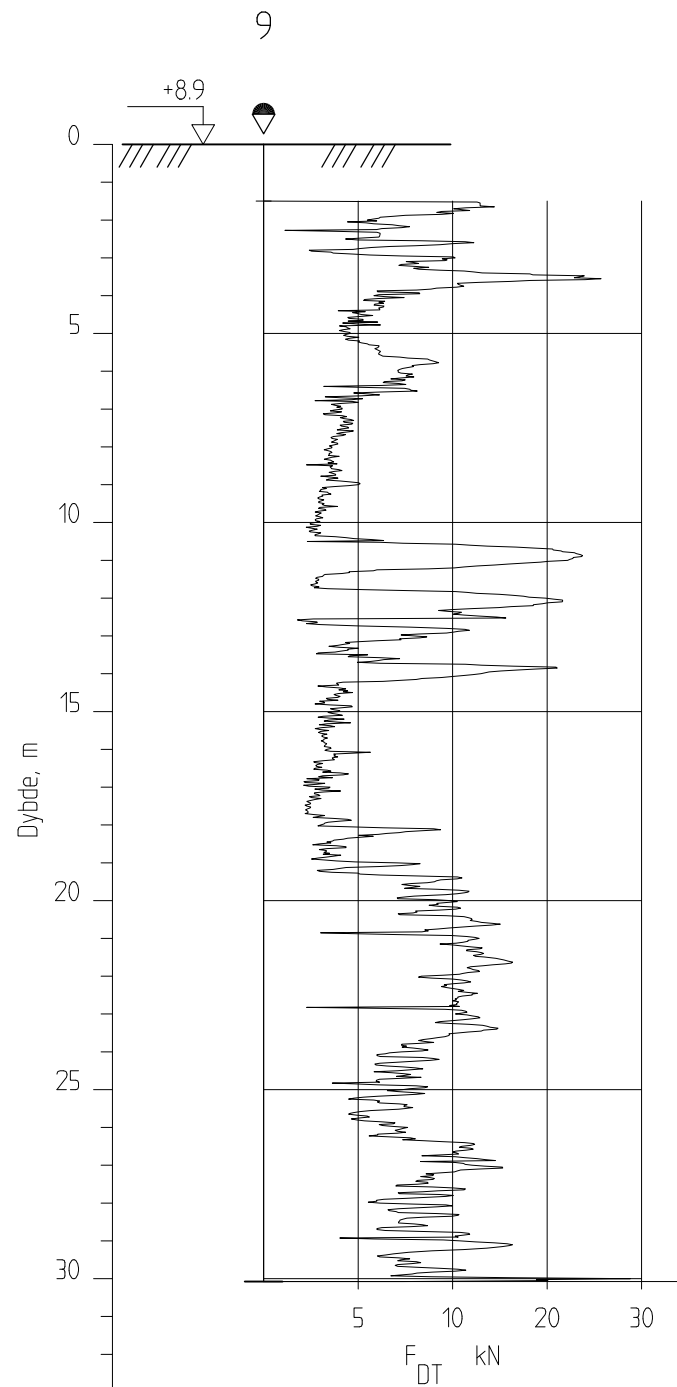
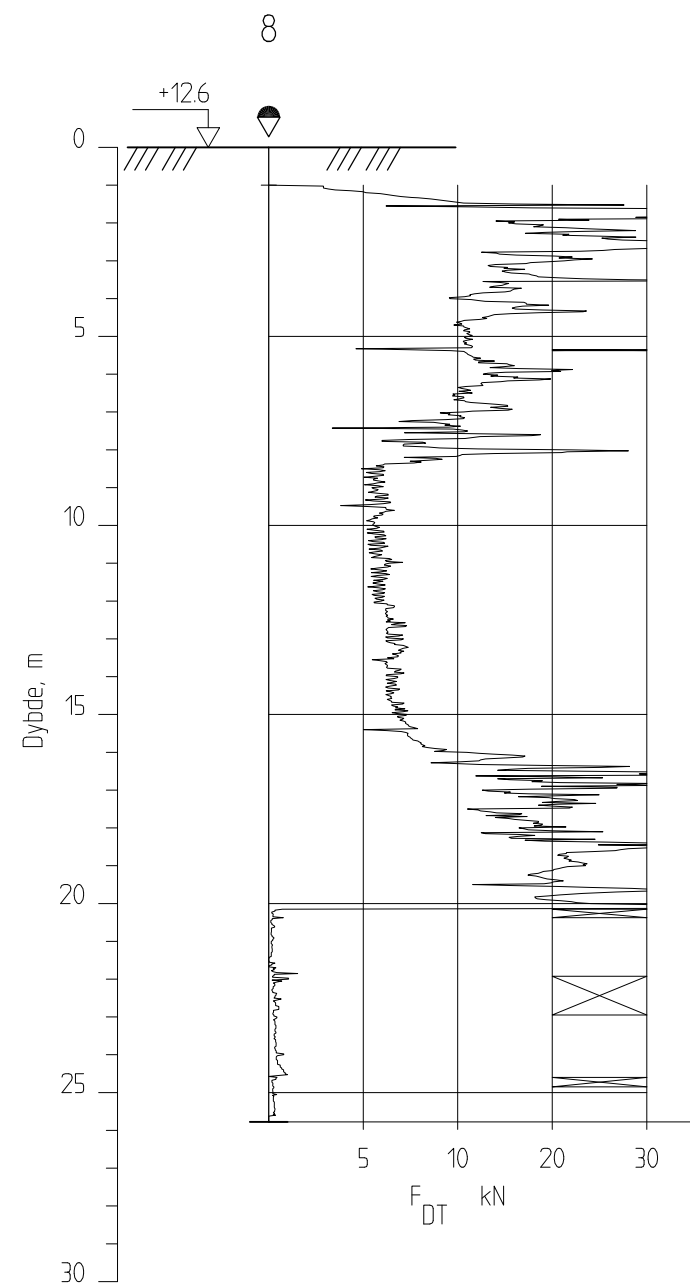
Beskrivelse Afjord kommune Arnes, områderegulering Grunnundersøkelser		Dato 20.12.2011		Konstr./Tegnet mab		Kontrollert SGH		Godkjent DAA	
Borutskrift Bp.1, PR-2, Bp.2, CPTU-2, PZ-2		1:200		Oppdragnr. 414653		Tegningsnr. 150		Rev.	
MULTICONSULT AS <small>7466 TRONDHEIM TEL: 73 10 62 62 - Fax: 73 10 62 30/70</small>		Original format A3-Formatet Tegningsnavn 414653-150.dwg Underlagsnavn kartunderlag.dwg Wåsestokk		Fag Geoteknikk					



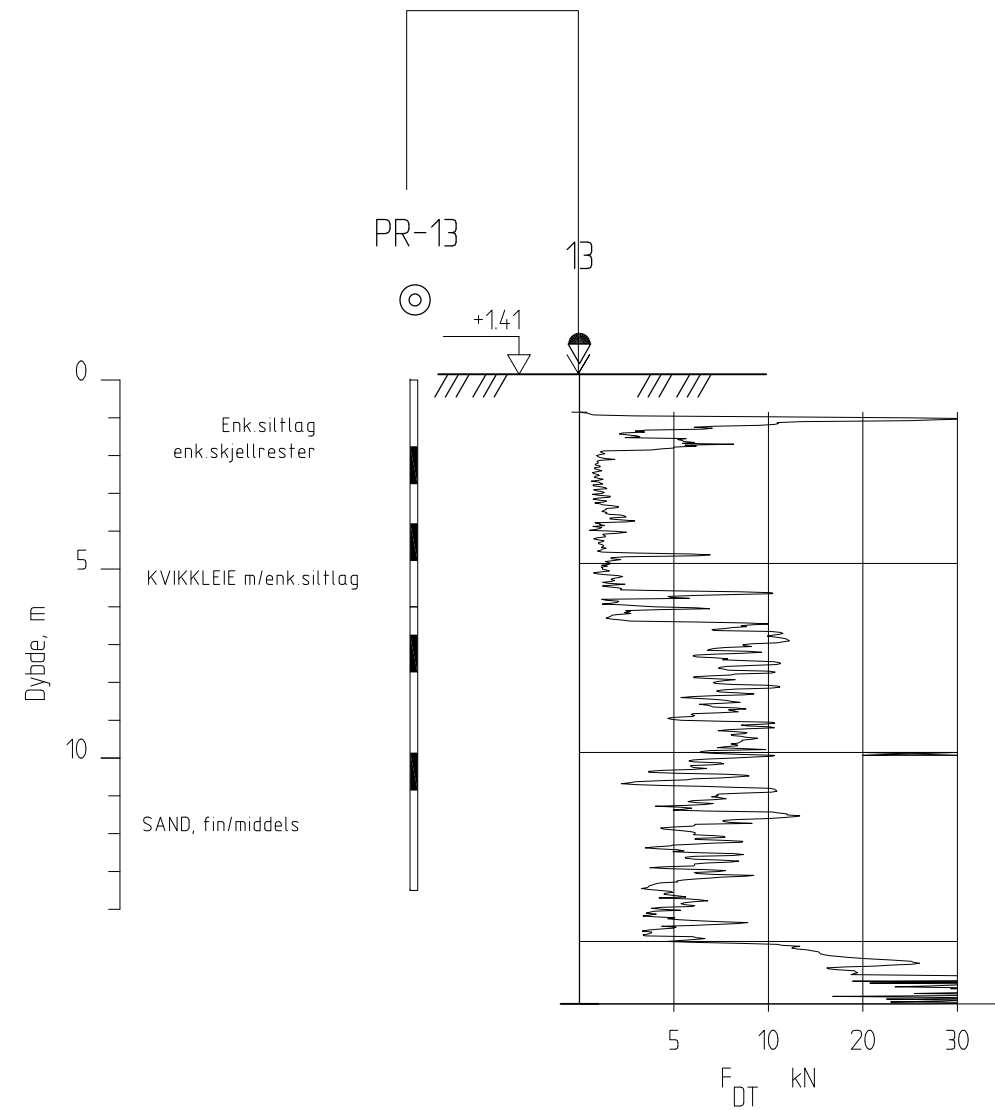
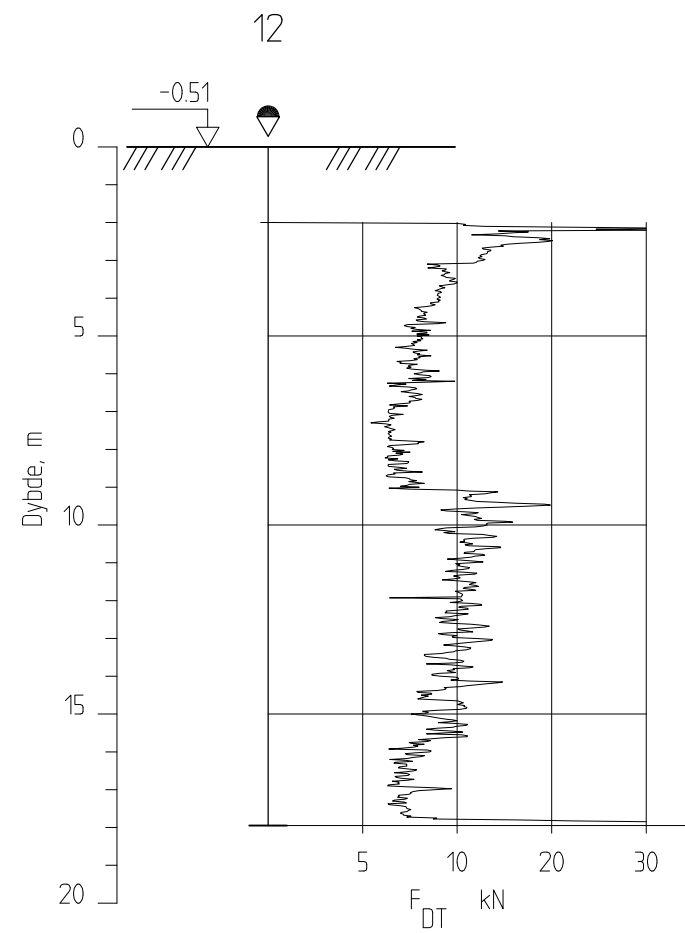
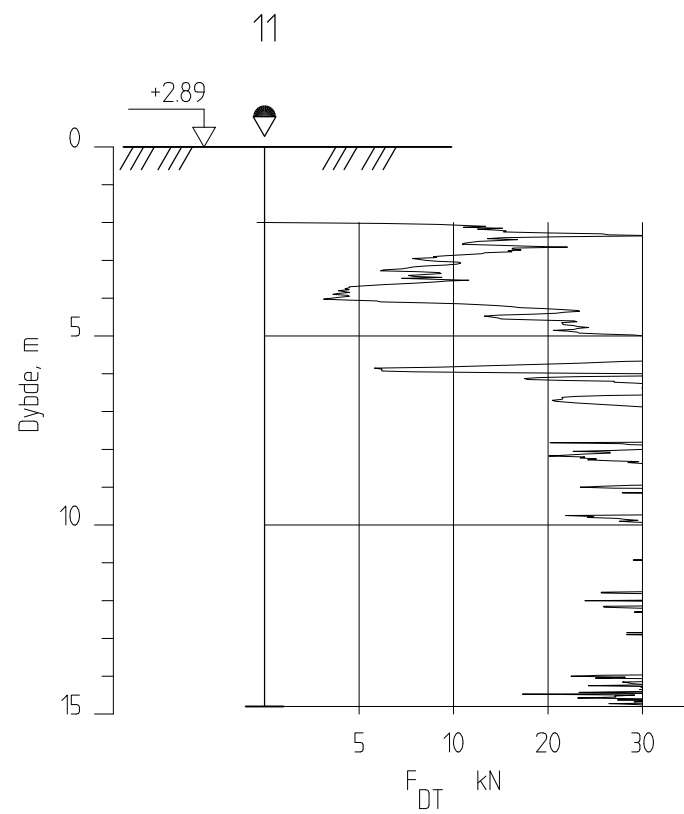
Rev.		Beskrivelse		Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser				20.12.2011		F.o.g.		Geoteknikk			
Borutskrift Bp.3, PR-3, Bp.4, PR-4, CPTU-4				1:200		MULTICONSULT					
MULTICONSULT AS		7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653		Tegningsnr. 151		Konstr./Tegnet miab		Kontrollert SGH	
								Godkjent DAA		Rev.	




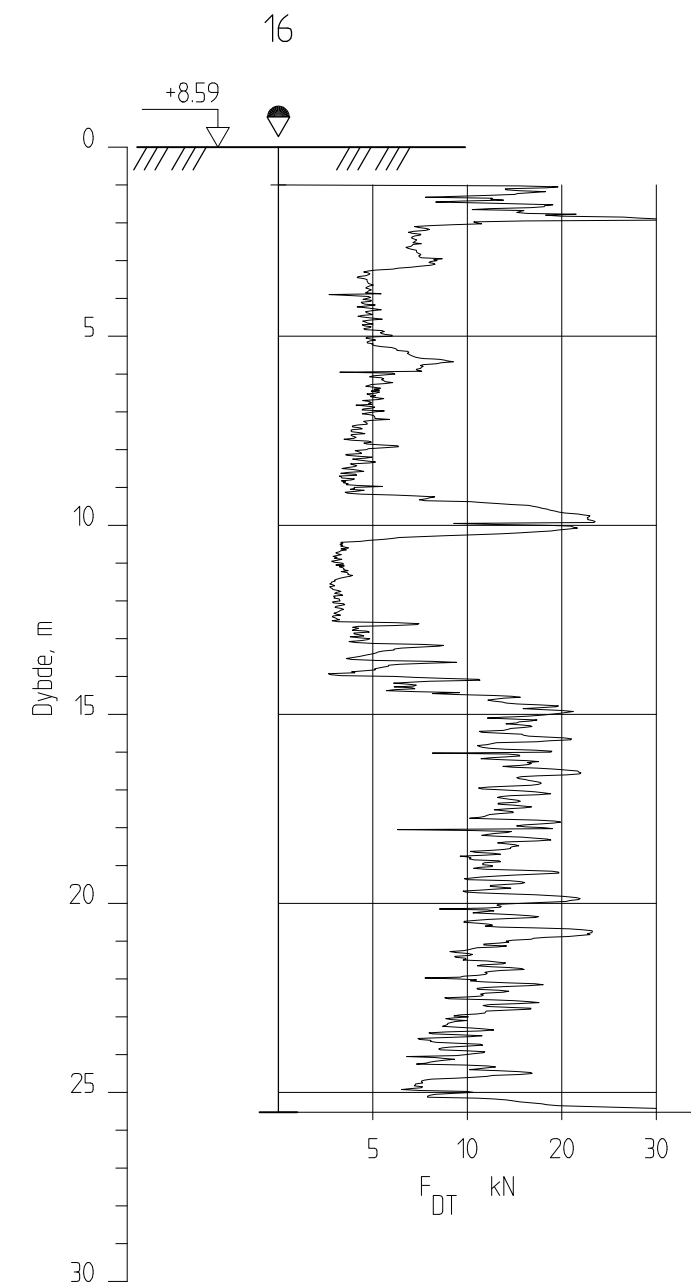
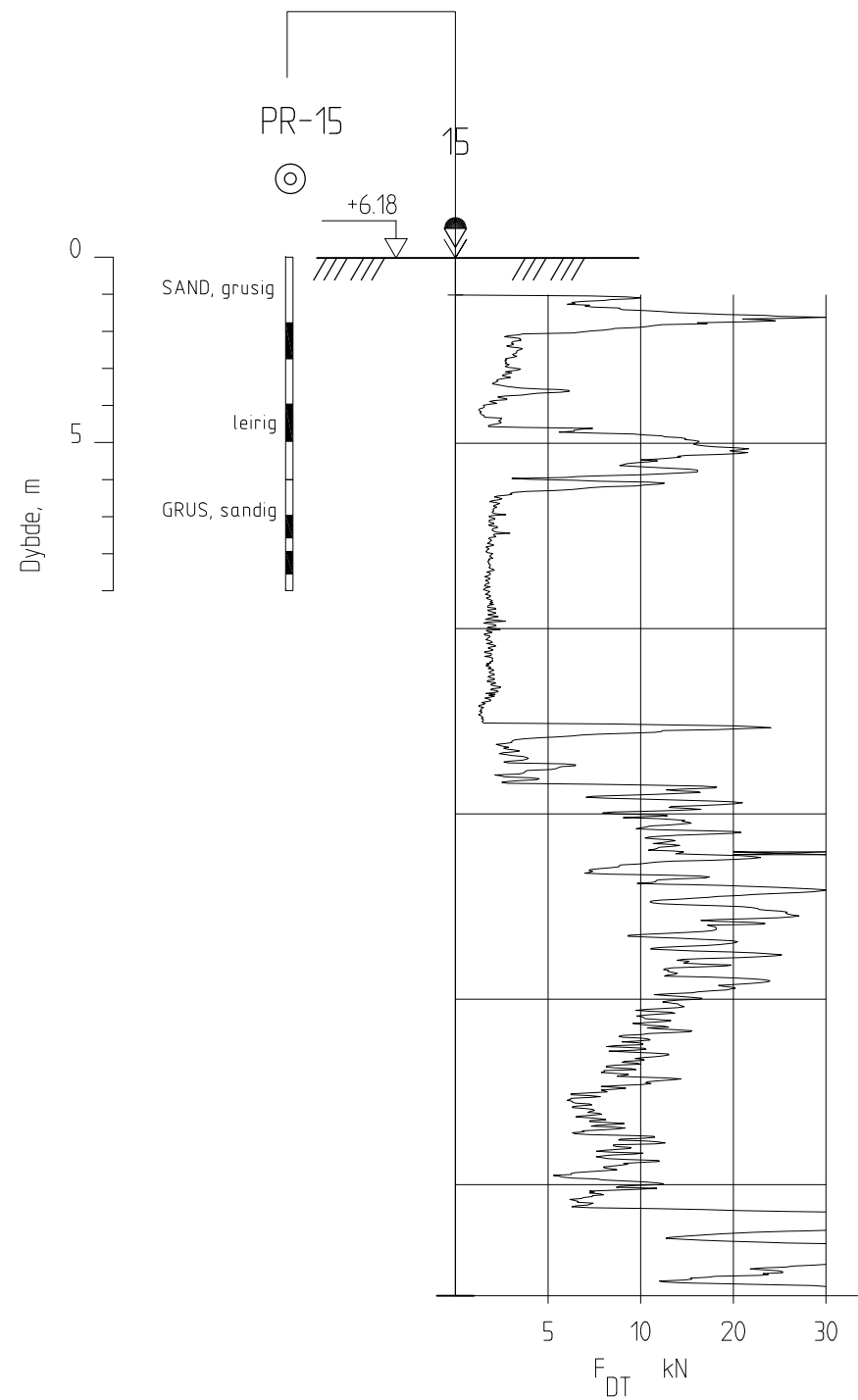
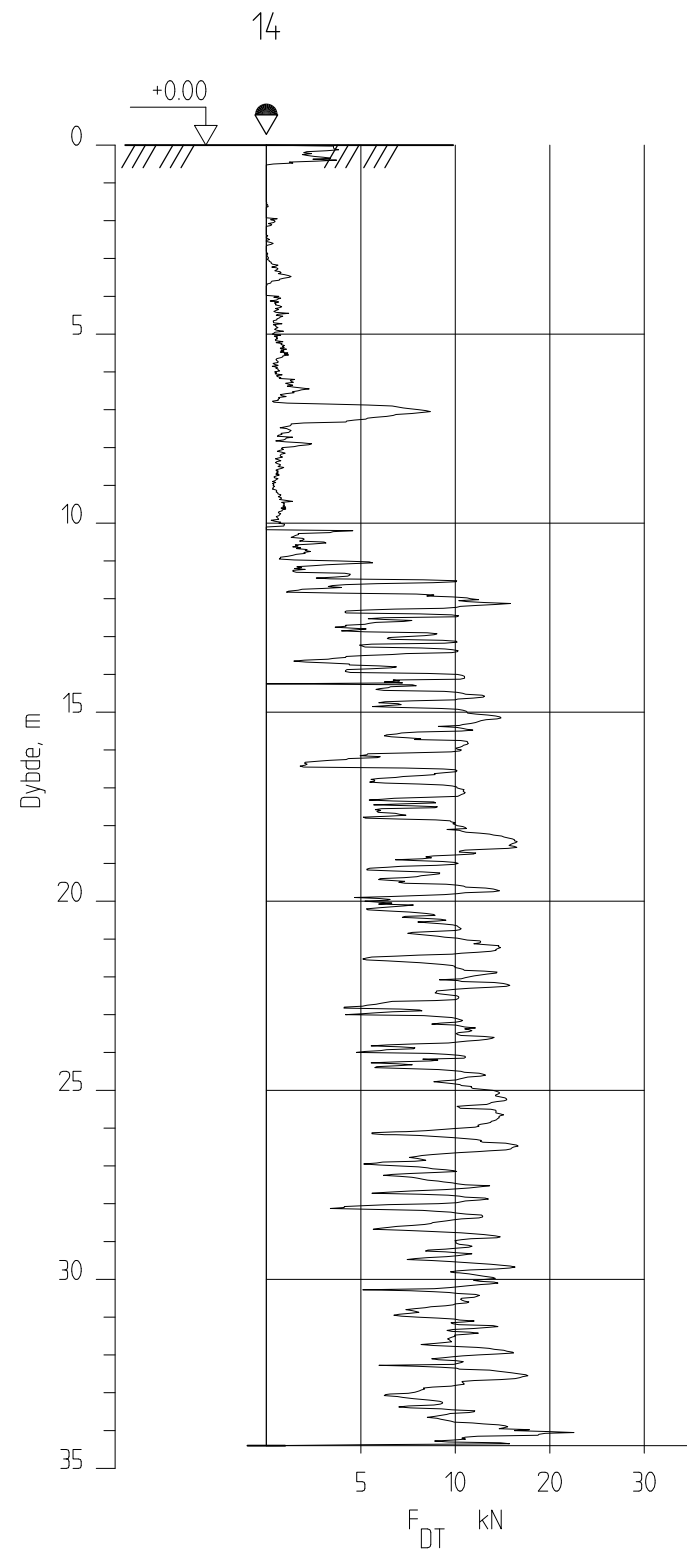
Rev.		Beskrivelse		Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
Årjord kommune Arnes, områderegulering Grunnundersøkelser				20.12.2011		F.o.g.		SGH		DAA	
Borutskrift Bp.5, PR-5, PZ 5, PR-6, Bp.6, Bp.7,				1:200		MULTICONSULT					
MULTICONSULT AS		7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653		Tegningsnr. 152		Konstr./Tegnet miab		Godkjent DAA	



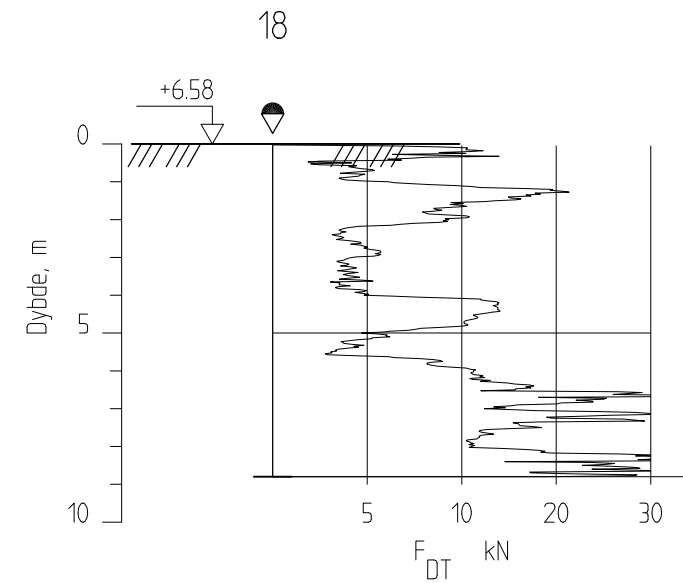
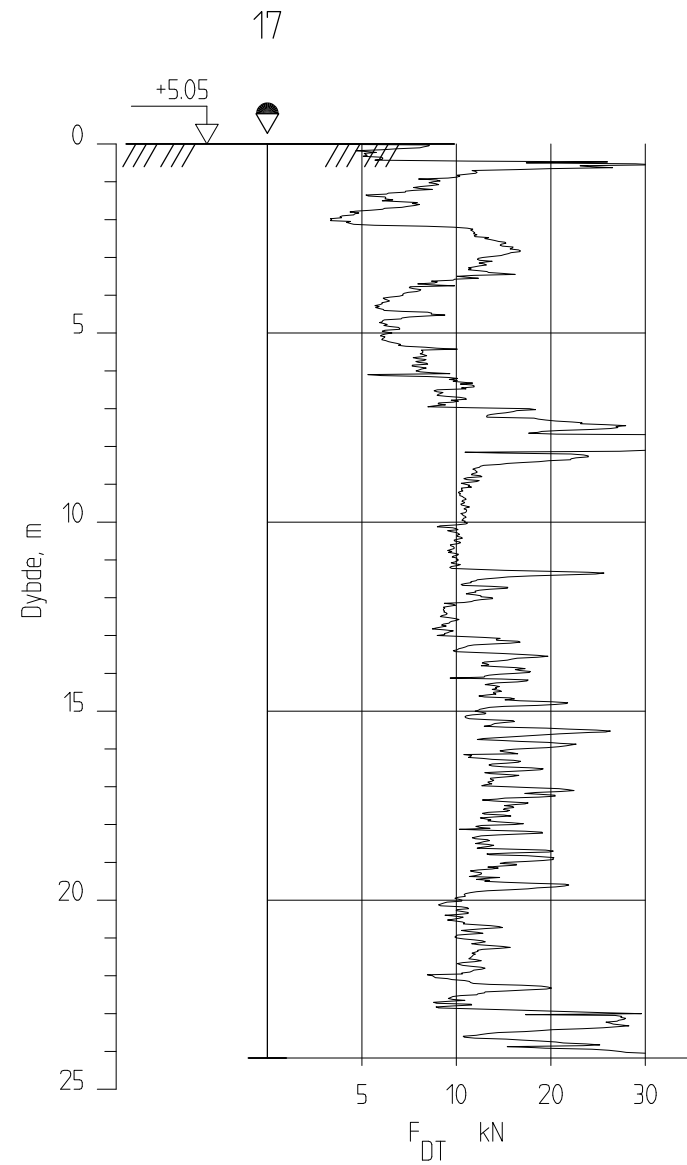
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Original format A3	Fag	Geoteknikk	
	Borutskrift Bp.8, Bp.9, Bp.10	Tegningens filnavn 414653-150.dwg			
		Underlagets filnavn kortunderlag.dwg			
		Målestokk 1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 20.12.2011	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent □AA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 153	Rev.	




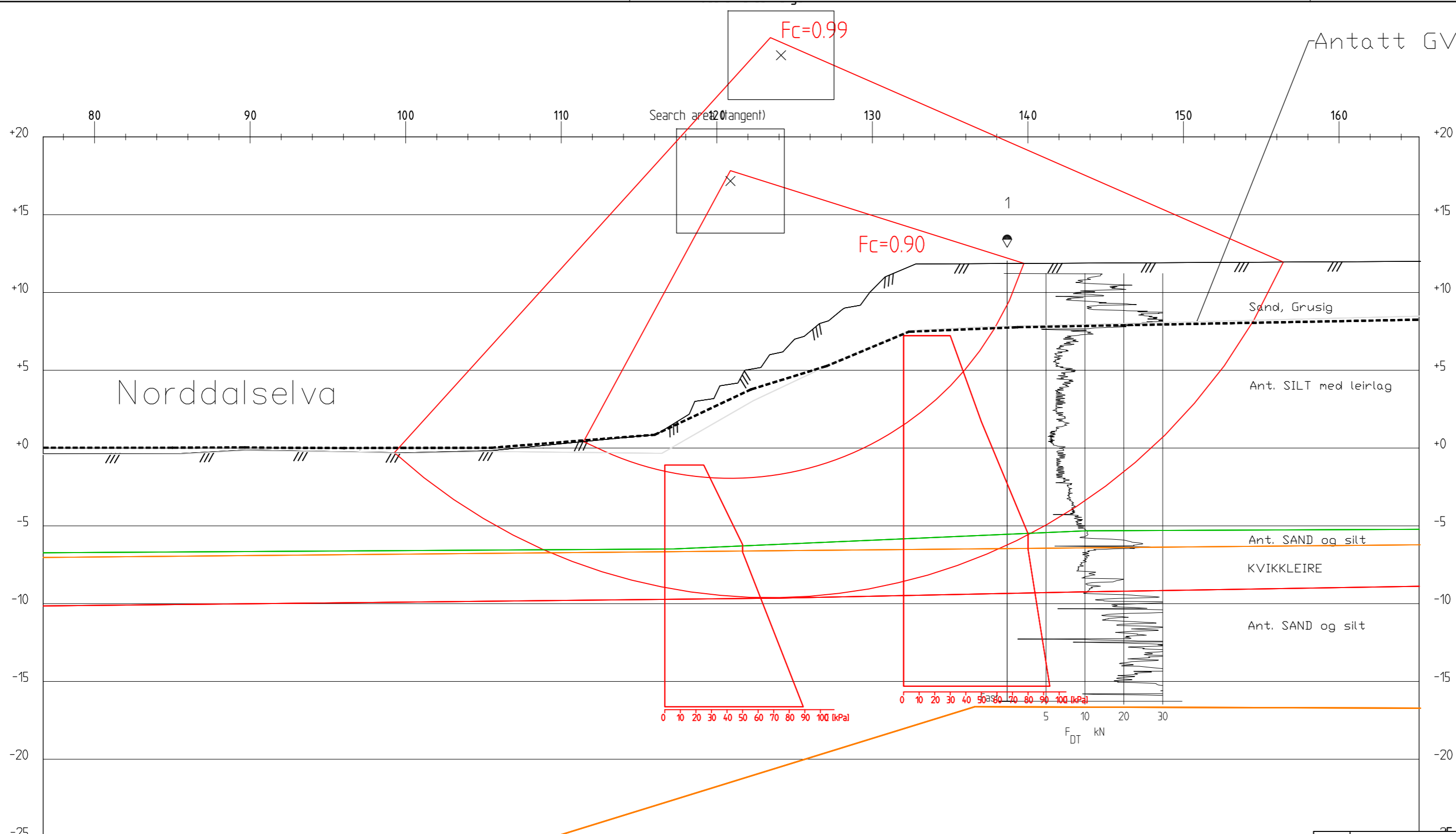
151					
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Original format A3	Fag Geoteknikk		
	Borutskrift Bp.11, Bp.12, Bp.13 og PR-13	Tegningens filnavn 414653-150	Underlagets filnavn kartunderlag.dwg		
		Målestokk 1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 20.12.2011			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 154	Rev.	



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Original format A3	Fag	Geoteknikk	
	Borutskrift Bp.14, Bp.15, PR-15 og Bp.16	Tegningens filnavn 414653-150			
		Underlagets filnavn kartunderlag.dwg			
		Målestokk 1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 20.12.2011	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent □AA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 155	Rev.	



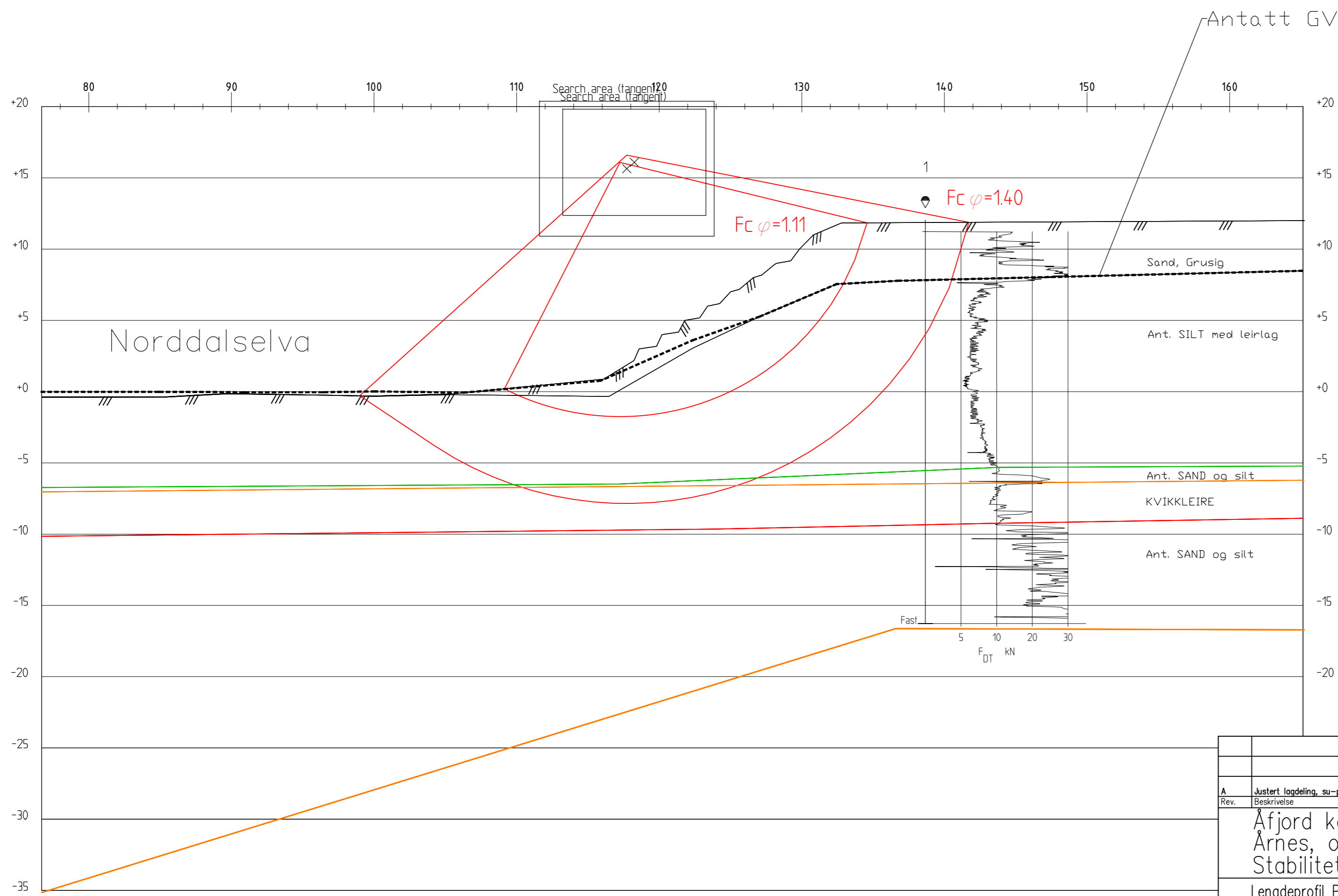
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Åfjord kommune Årnes, områderegulering Grunnundersøkelser	Original format A3	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn 414653-150.dwg			
		Underlagets filnavn kartunderlag.dwg			
	Borutskrift Bp.17 og Bp.18	Målestokk 1:200			
MULTICONSULT AS		Dato 20.12.2011			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 156	Rev.	



Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	18.50	37.0	0.0				
SILT m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
SAND m/silt	20.00	30.0	5.8				
KVIKKLEIRE	20.00			C-prof	0.72	0.51	0.26
SAND m/silt	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.34

Profil P1-P1
1 : 200

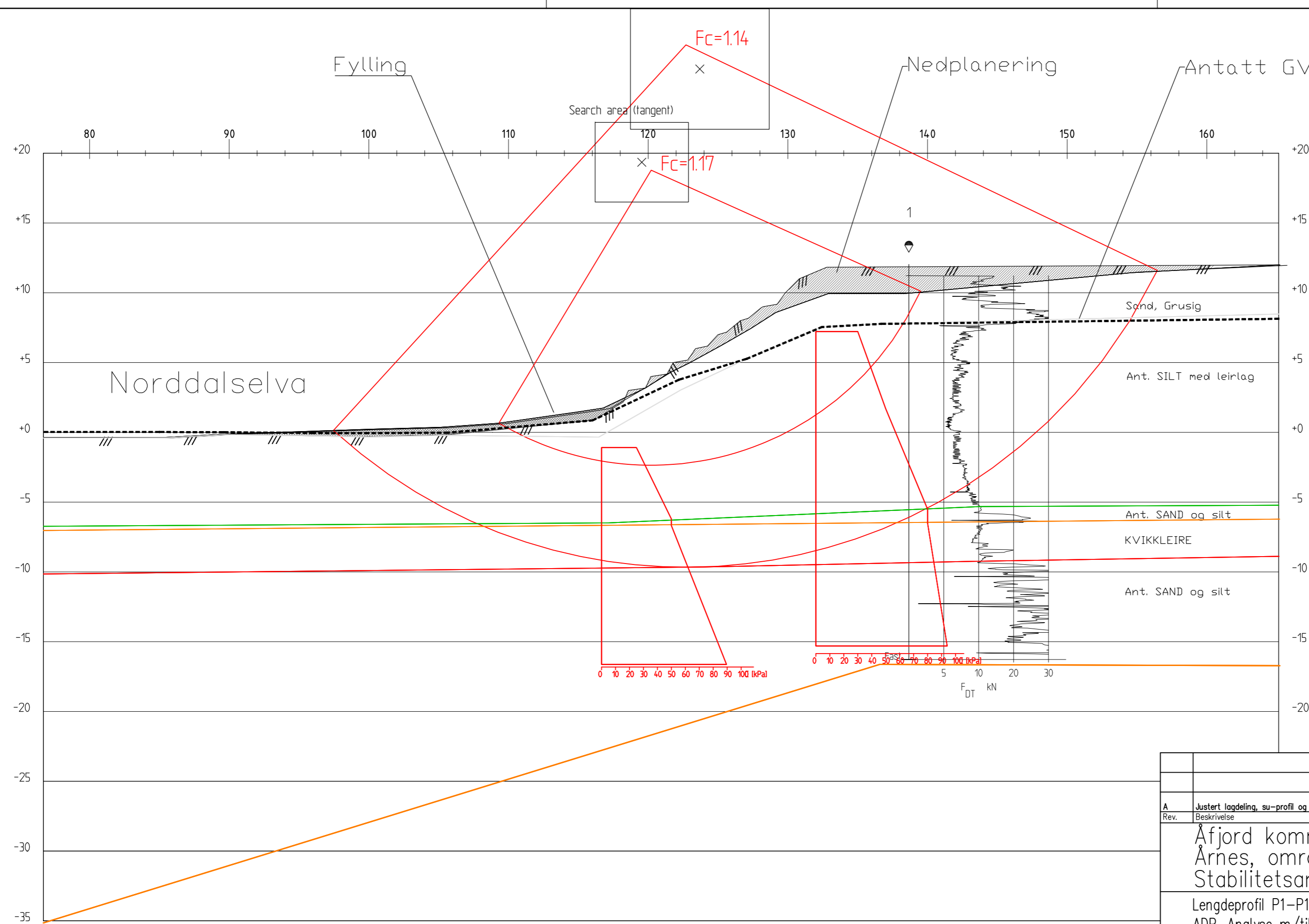
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområdet		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P1_301.1_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P1-P1 ADP-Analyse		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 301.1	Rev. A	



Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ai
Sand/Grus	18.50	37.0	0.0				
SILT m/leirlag	20.00	30.0	5.8				
SAND m/silt	20.00	30.0	5.8				
KVIKKLEIRE	20.00	23.0	4.2				
SAND m/Silt	20.00	30.0	5.8				

Profil P1-P1
1 : 200

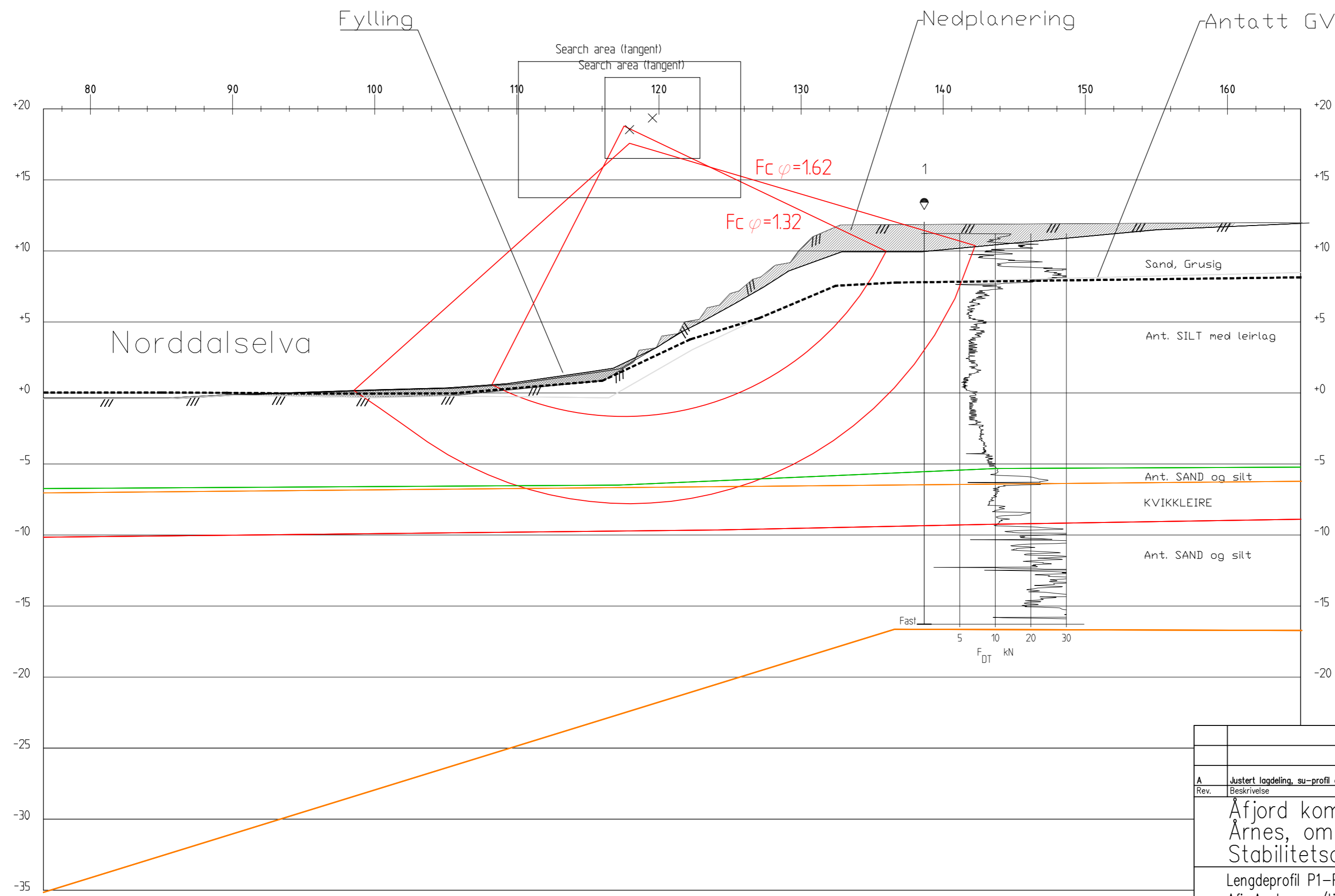
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P1-P1 Afi-Analyse		Tegningens filnavn P1_301_2_REV-A_15.06.dwg	Underlagets filnavn 414653-100.dwg		
MULTICONCONSULT AS		Målestokk 1:250			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 301.2	Rev. A	



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	18.50	37.0	0.0				
SILT m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
SAND m/silt	20.00	30.0	5.8				
KVIKKLEIRE	20.00			C-prof	0.72	0.51	0.26
SAND m/silt	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.34

Profil P1-P1
1 : 200

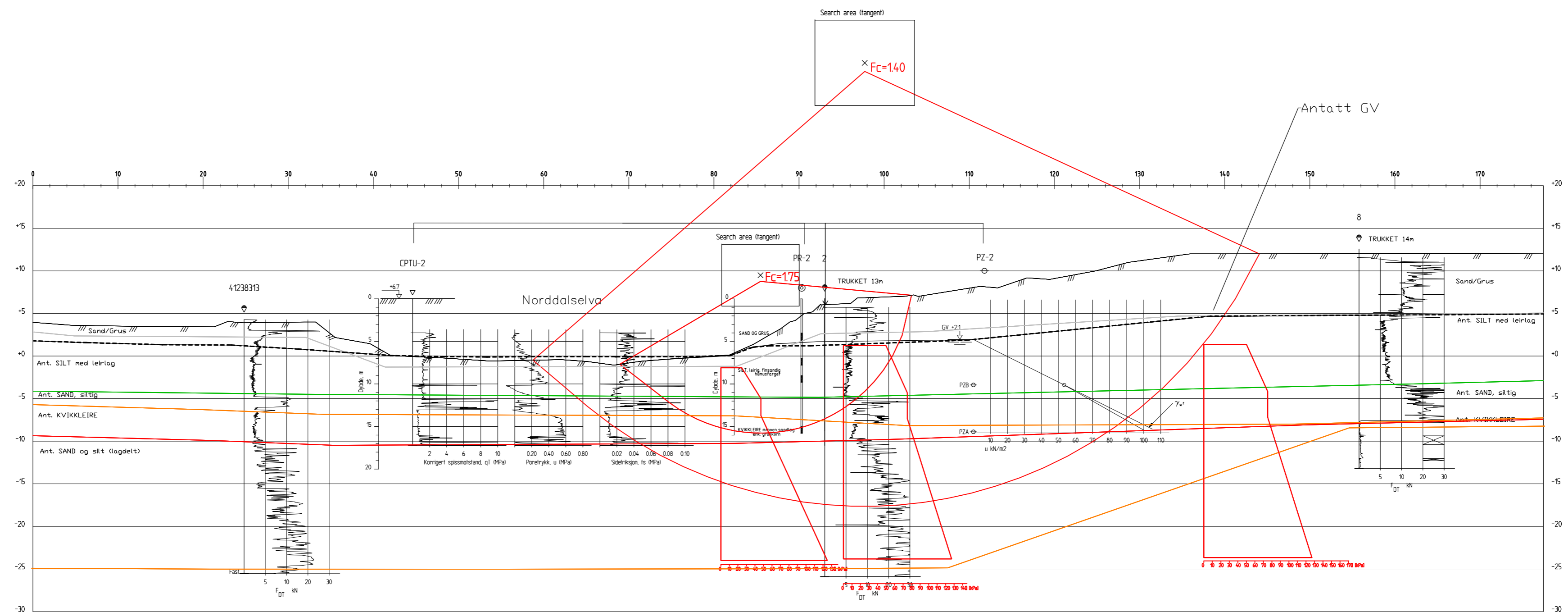
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområdet		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P1_301.3_REV-A_15.06.dwg			
		Underlaget filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P1-P1 ADP-Analyse m/tiltak		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 301.3	Rev. A	



Material	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	18.50	37.0	0.0				
SILT m/leirlag	20.00	30.0	5.8				
SAND m/silt	20.00	30.0	5.8				
KVIKKLEIRE	20.00	23.0	4.2				
SAND m/silt	20.00	30.0	5.8				

Profil P1-P1
1 : 200

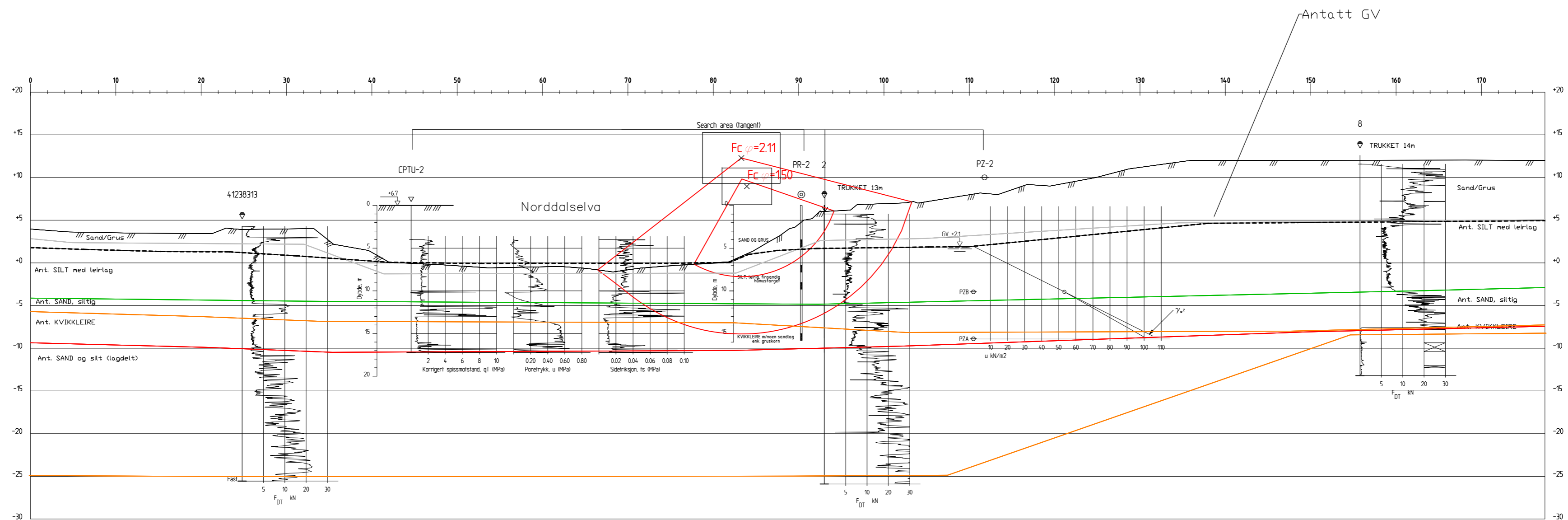
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområdet.		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P1-P1 Afi-Analyse m/tiltak		Tegningens filnavn P1_301.4_REV-A_15.06.dwg	Underlagets filnavn 414653-100.dwg		
MULTICONSULT AS		Målestokk 1:250			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 301.4	Rev. A	



Profil P2-P2
1: 200

Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	18.50	37.0	0.0				
Silt m/leirtag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.65	0.46	0.23
Sand m/silt	20.00			C-prof	0.76	0.53	0.30

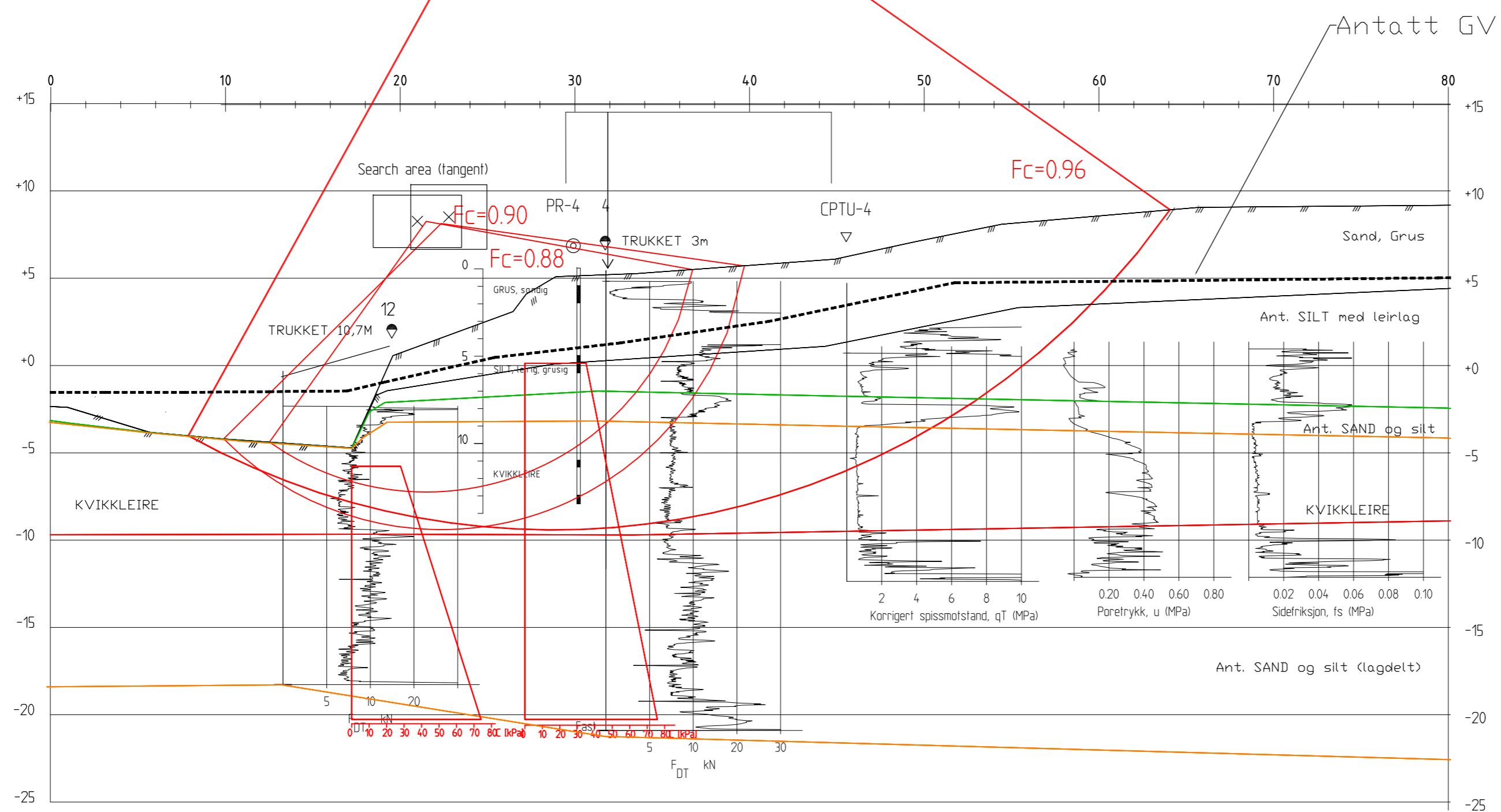
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområdet		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse	Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
	Lengdeprofil P2-P2 ADP-Analyse	Tegningens filnavn P2_302.1_REV-A_15.06.dwg	Underlagets filnavn 414653-100.dwg		
MULTICONCONSULT AS		Målestokk 1: 400			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 302.1	Rev.	A



Profil P2-P2
1:200


Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	18.50	37.0	0.0				
Silt m/leirtag	20.00	30.0	5.8				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00	23.0	4.2				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				

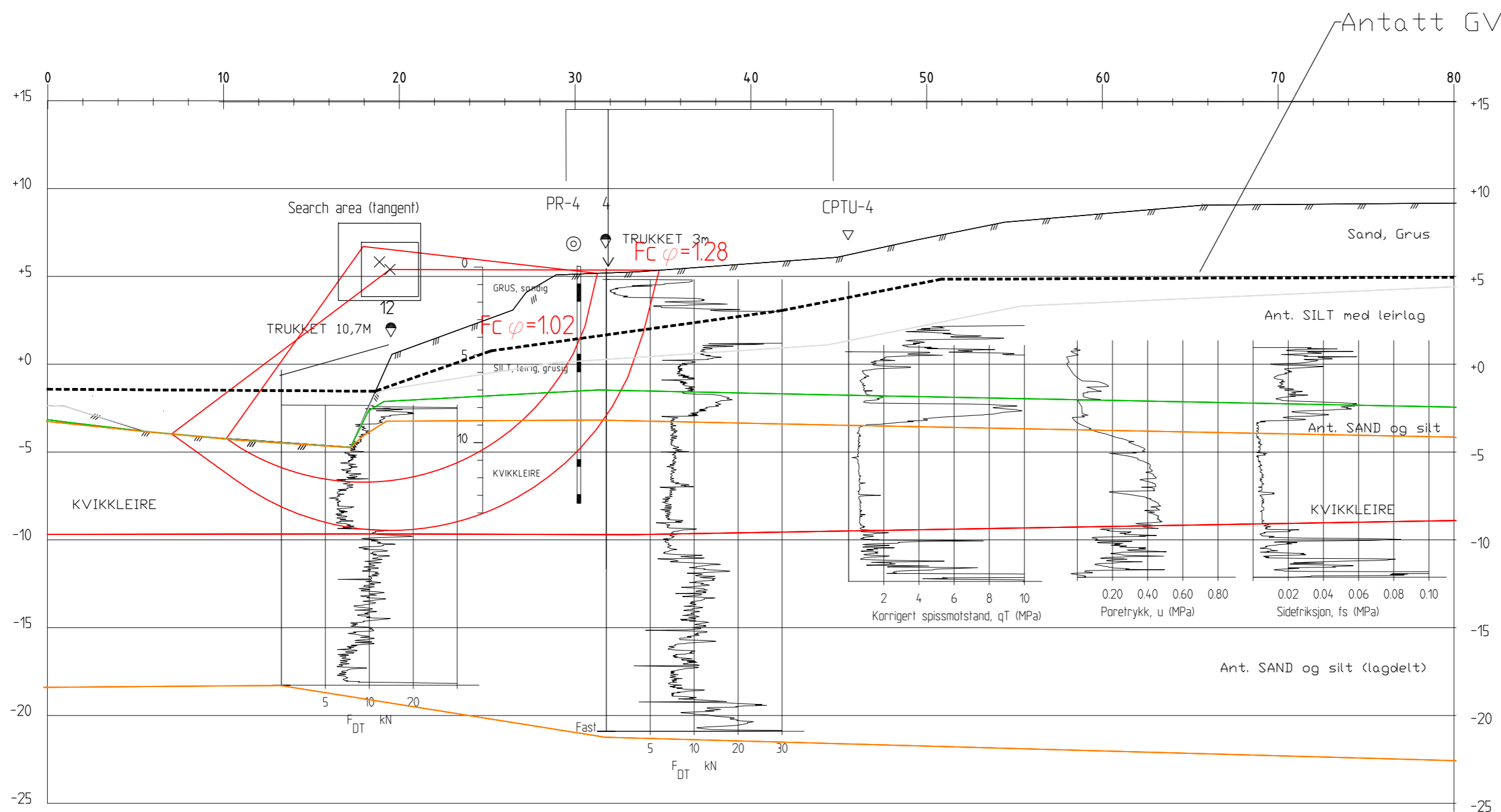
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområdet		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P2_302.2_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P2-P2 Afi-Analyse		Målestokk 1:400			
MULTICONSULT AS 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70	Dato	17.02.2012	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Oppdragsnr.	414653	Tegningsnr.	302.2	OAA
					Rev. A



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Sand m/silt	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Profil P4-P4
1 : 200

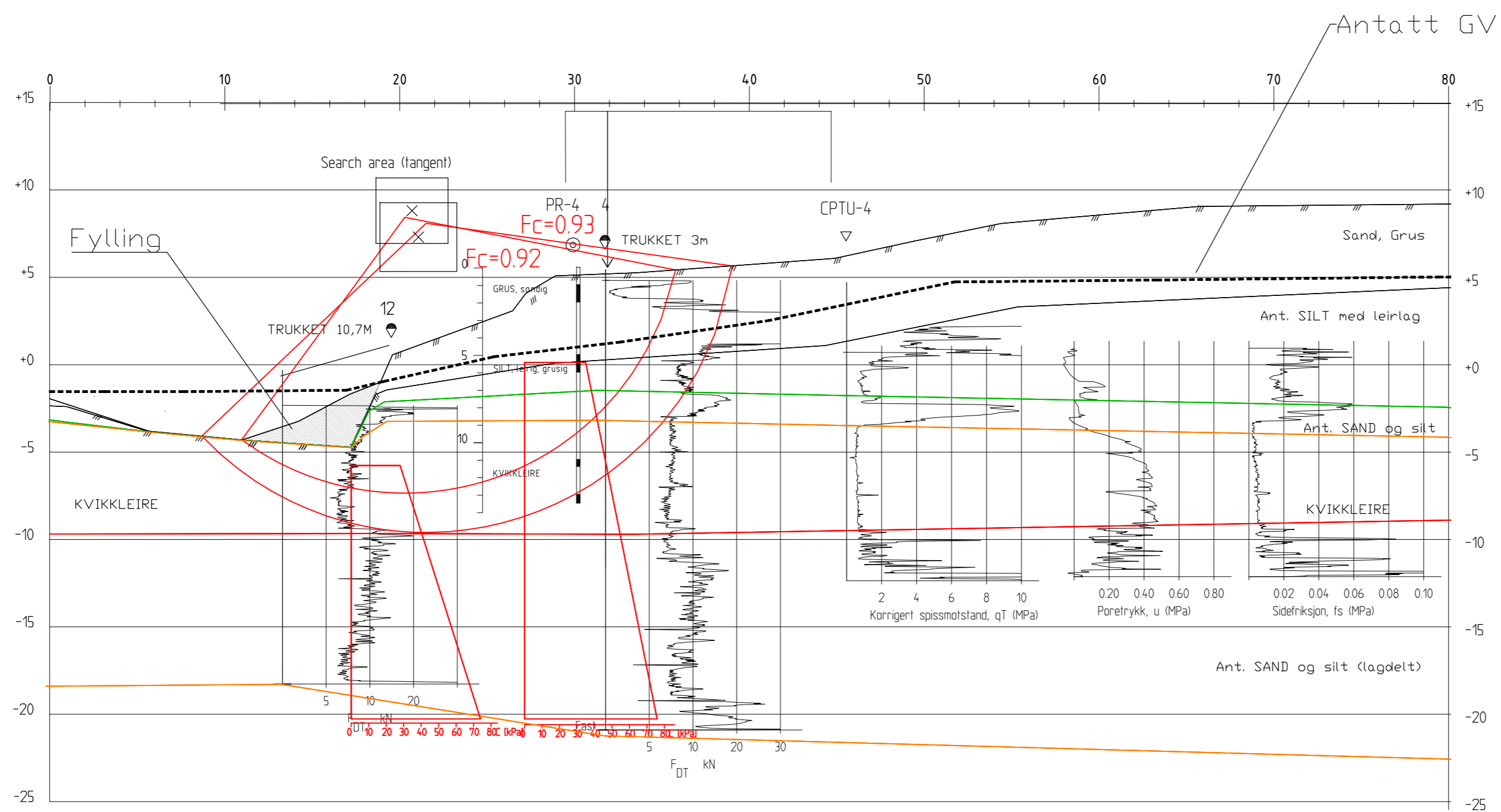
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P4-P4 ADP-Analyse		Tegningens filnavn P4_304.1_REV-A_15.06.dwg	Underlagets filnavn 414653-100.dwg		
MULTICONSULT AS		Målestokk 1:250			
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 304.1	Rev. A	



Material	Un. Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirag	20.00	30.0	5.8				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00	23.0	4.2				
Sand m/silt	18.00	30.0	5.8				

Profil P4-P4
1 : 200

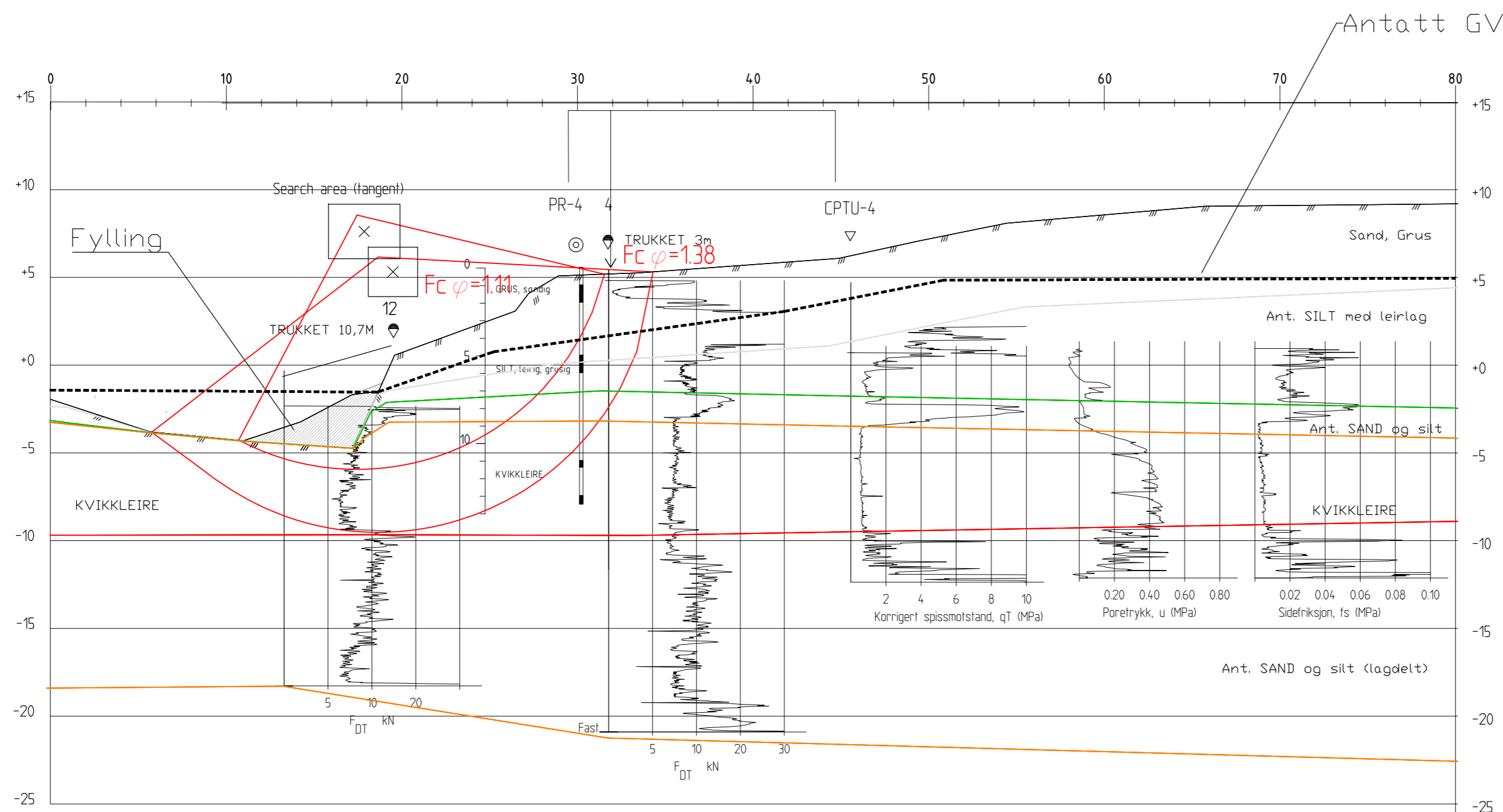
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P4-P4 Afi-Analyse		Tegningens filnavn P4_304.2_REV-A_15.06.dwg	Underlagets filnavn 414653-100.dwg		
MULTICONSULT AS		Målestokk 1:250			
7486 TRONDHEIM Tlf: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 304.2	Rev. A	



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Sand m/silt	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Profil P4-P4
1 : 200

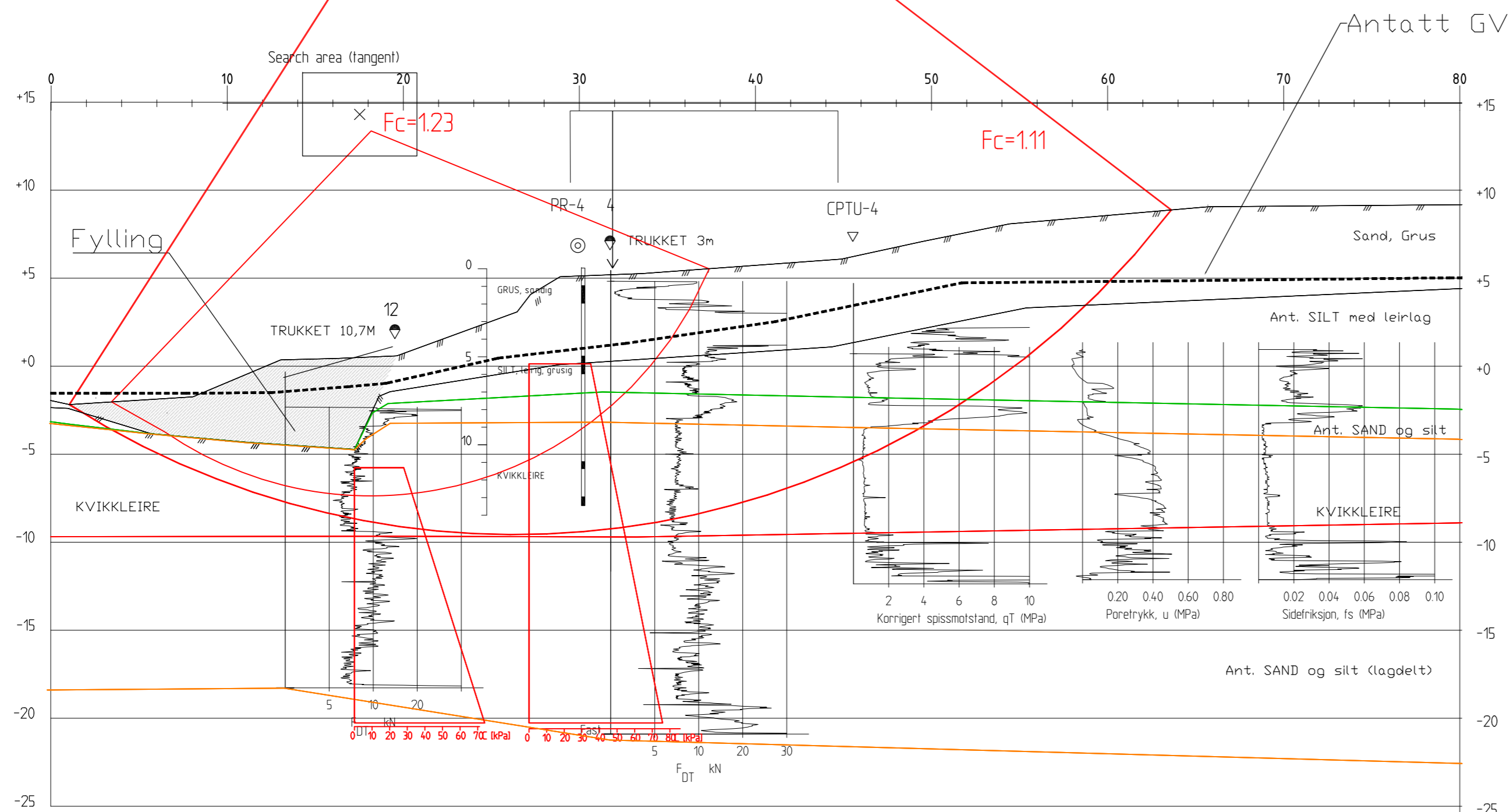
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P4_304.3_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P4-P4 ADP-Analyse m/strakstiltak		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 304.3	Rev. A	



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirag	20.00	30.0	5.8				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00	23.0	4.2				
Sand m/silt	18.00	30.0	5.8				

Profil P4-P4
1: 200

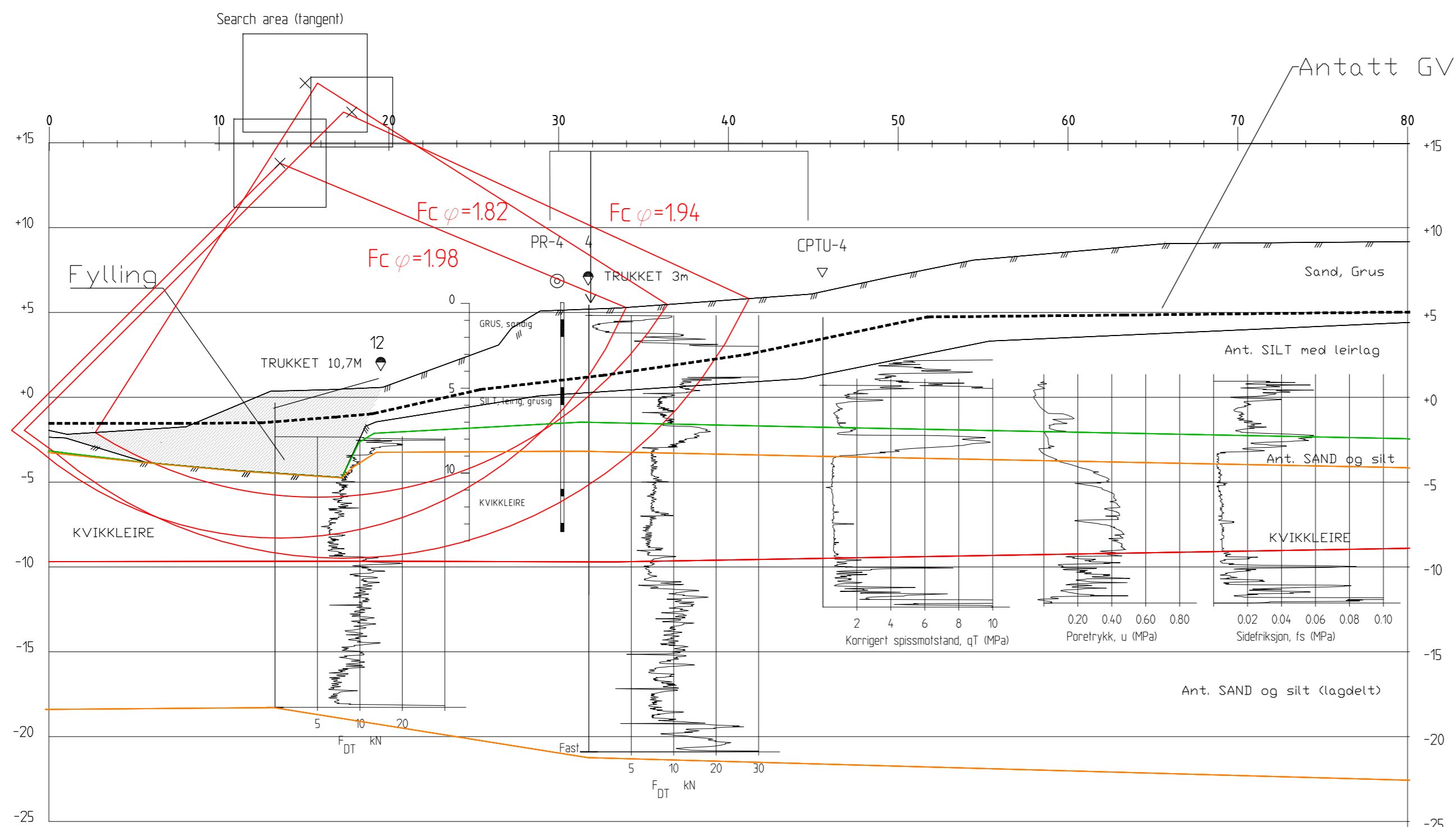
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P4_304.4_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P4-P4 Afi-Analyse m/strakstiltak		Målestokk 1: 250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 304.4	Rev.	A



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00			C-prof	100	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Sand m/silt	20.00			C-prof	100	0.70	0.40

Profil P4-P4
1 : 200

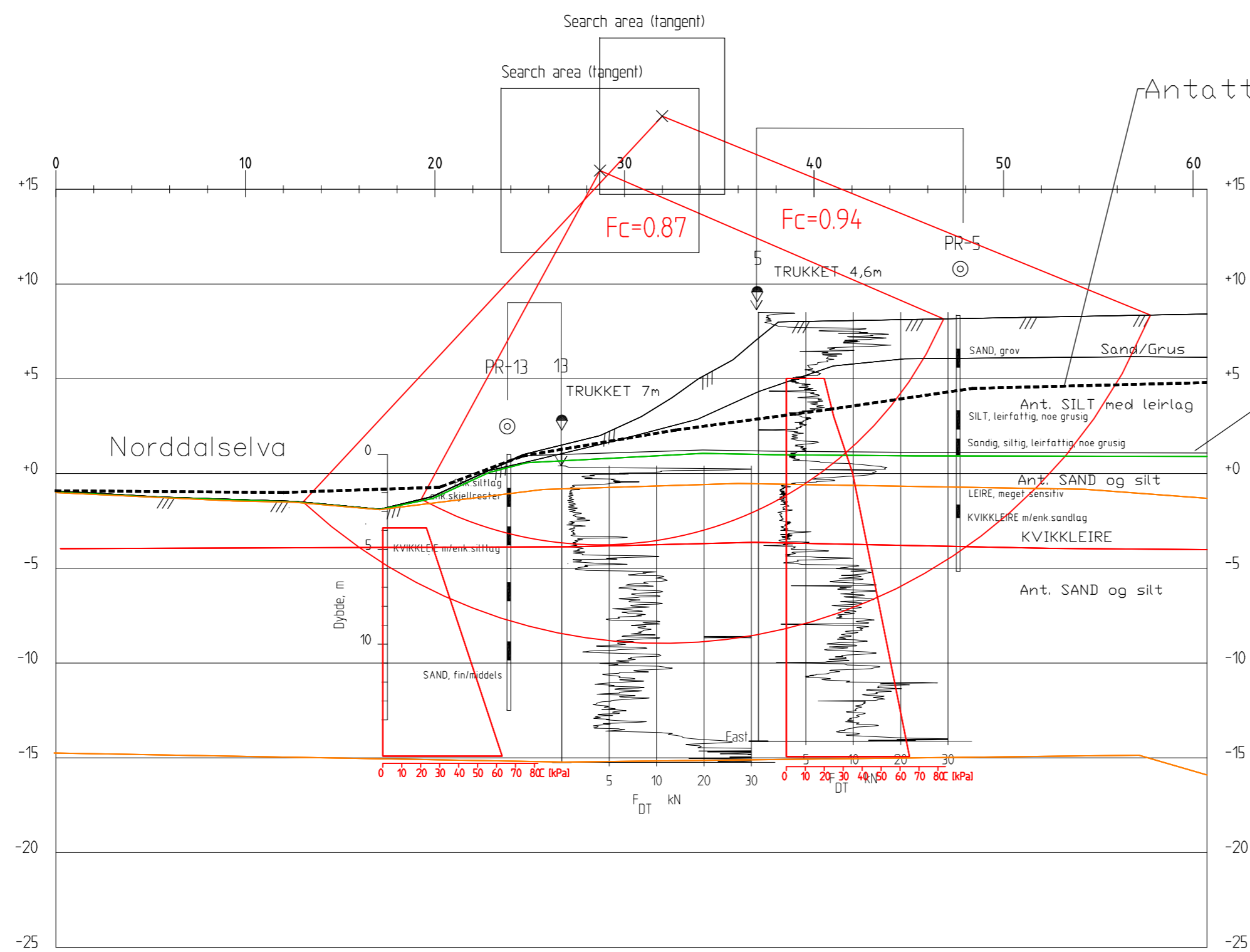
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P4_304.5_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P4-P4 ADP-Analyse m/tiltak		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 304.5	Rev.	A



Material	Un.Weighth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00	30.0	5.8				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00	23.0	4.2				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				


Profil P4-P4
1 : 200

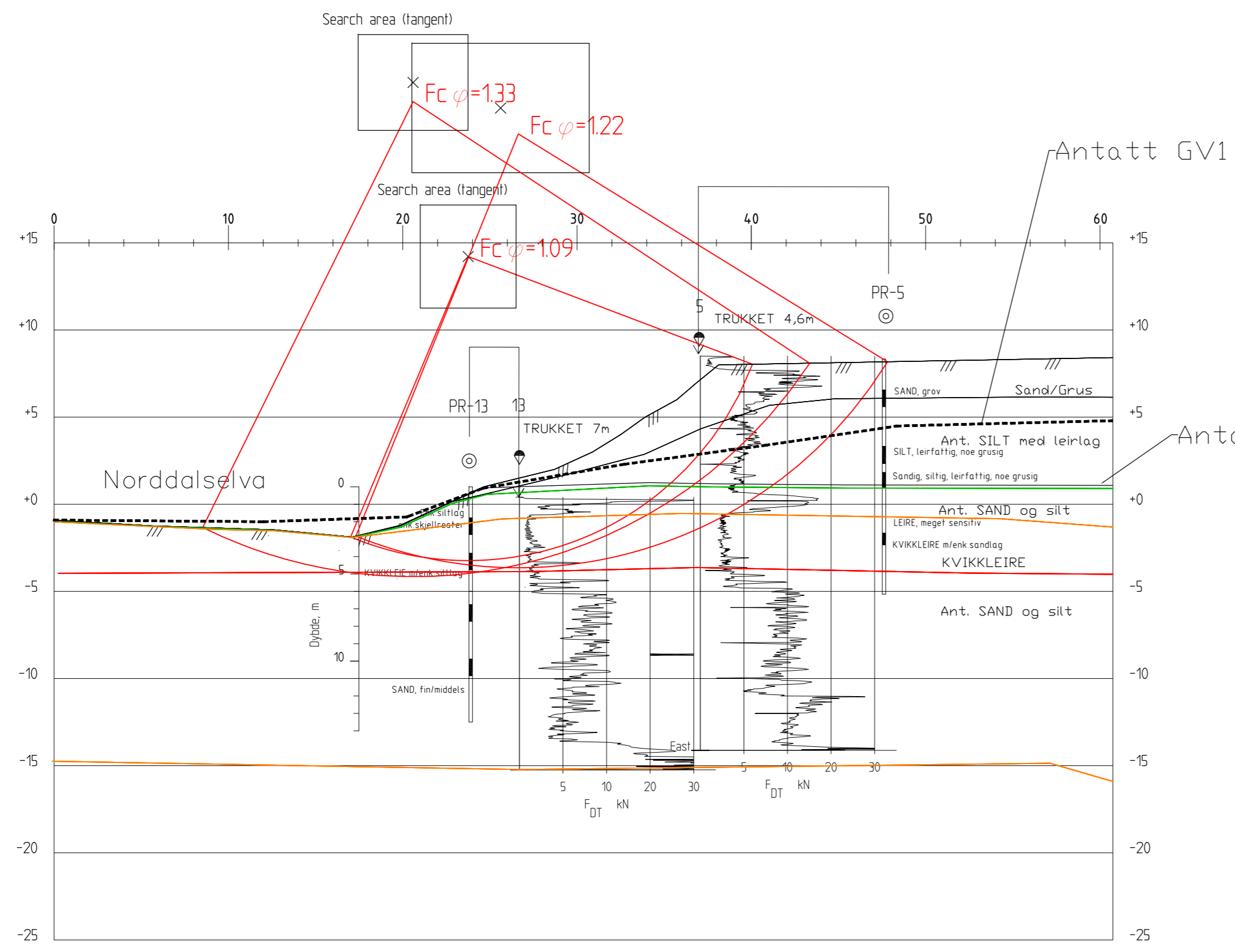
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P4_304.6_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P4-P4 Afi-Analyse m/tiltak		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 304.6	Rev.	A



Material	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Sand m/silt	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Profil P5-P5
1 : 200

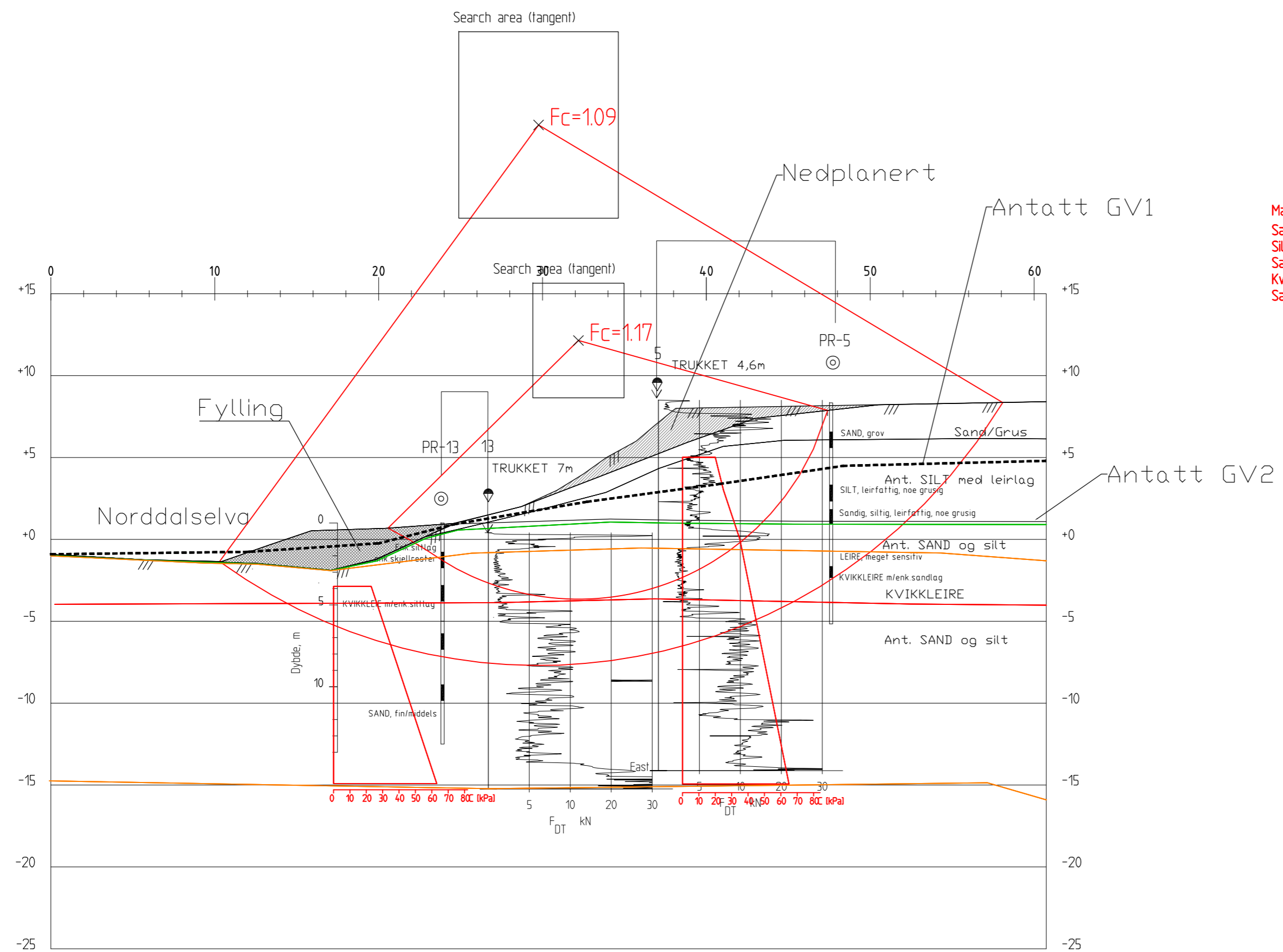
A		Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.		
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk				
		Tegningens filnavn P5_305.1_REV-A_15.06.dwg					
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg					
Lengdeprofil P5-P5 ADP-Analyse		Målestokk 1:250					
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA		
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 305.1	Rev. A			



Material	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00	30.0	5.8				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00	23.0	4.2				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				

Profil P5-P5
1 : 200

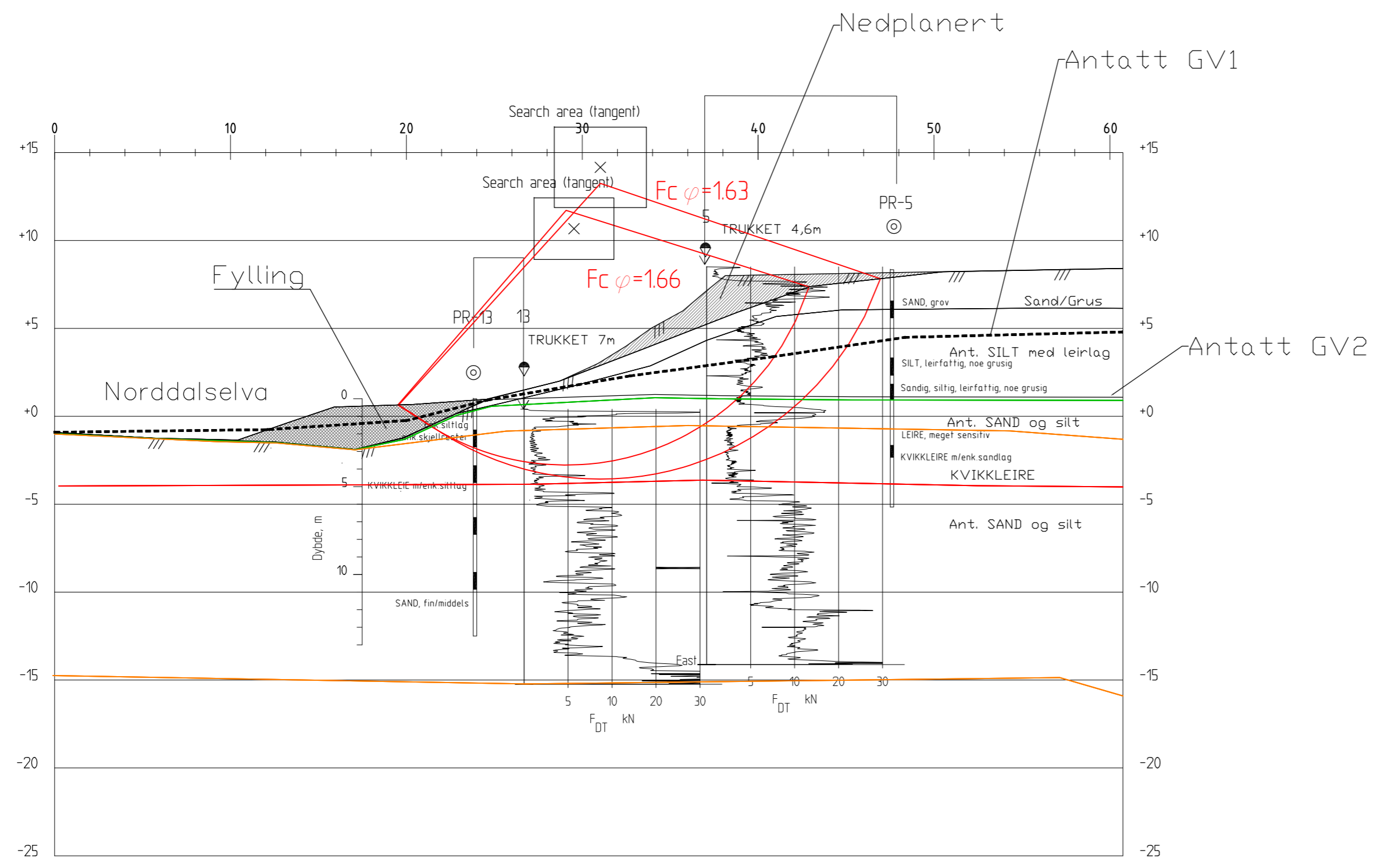
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P5_305.2_REV-A_15.06.dwg			
		Underlaget filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P5-P5 Afi-Analyse		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 305.2	Rev.	A



Material	Un.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Sand m/silt	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40


Profil P5-P5
1 : 200

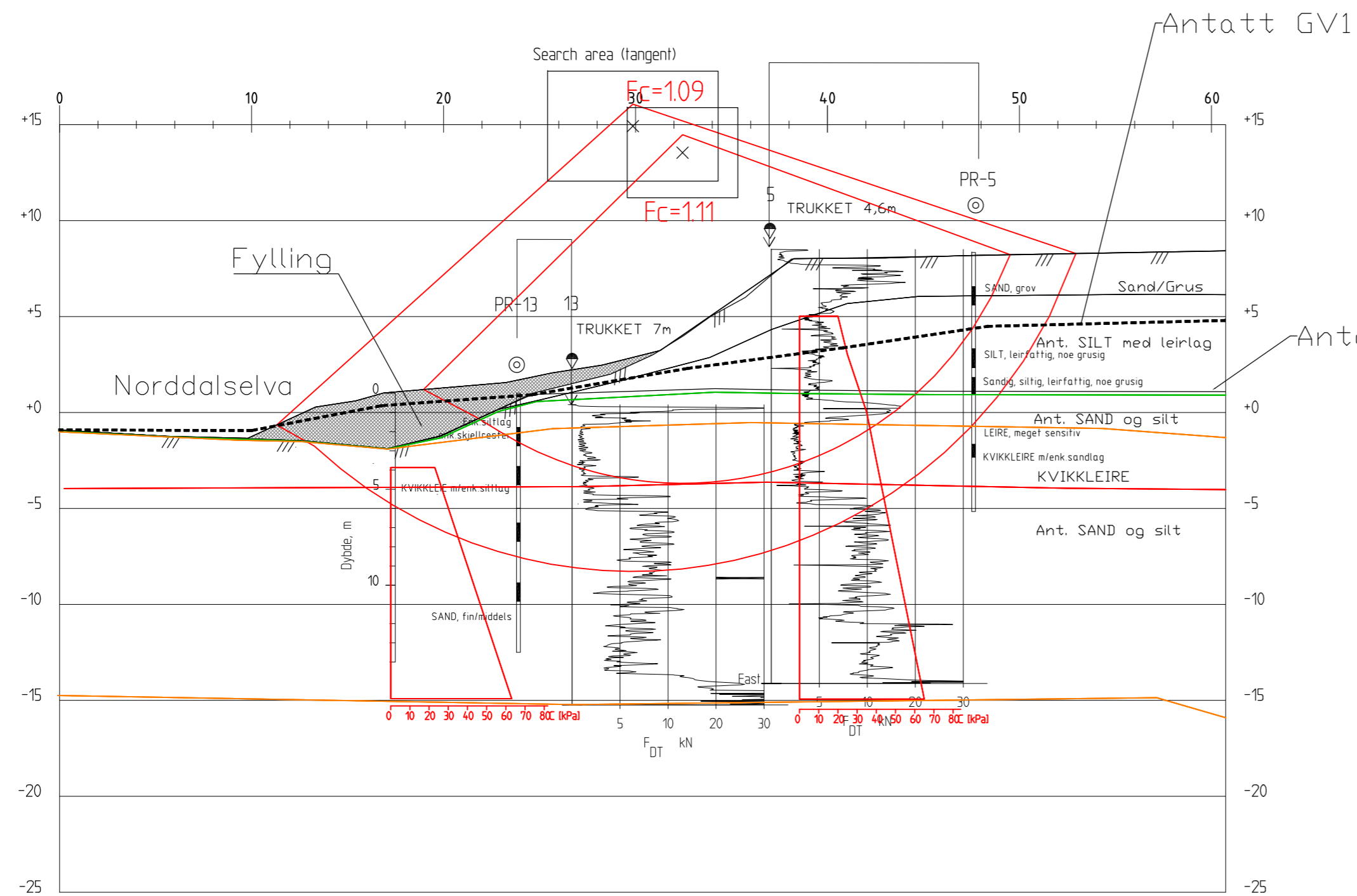
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P5_305.3_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P5-P5 ADP-Analyse m/tiltak Alternativ A		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 305.3	Rev. A	



Material	Un.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00	30.0	5.8				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00	23.0	4.2				
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				

Profil P5-P5
1 : 200

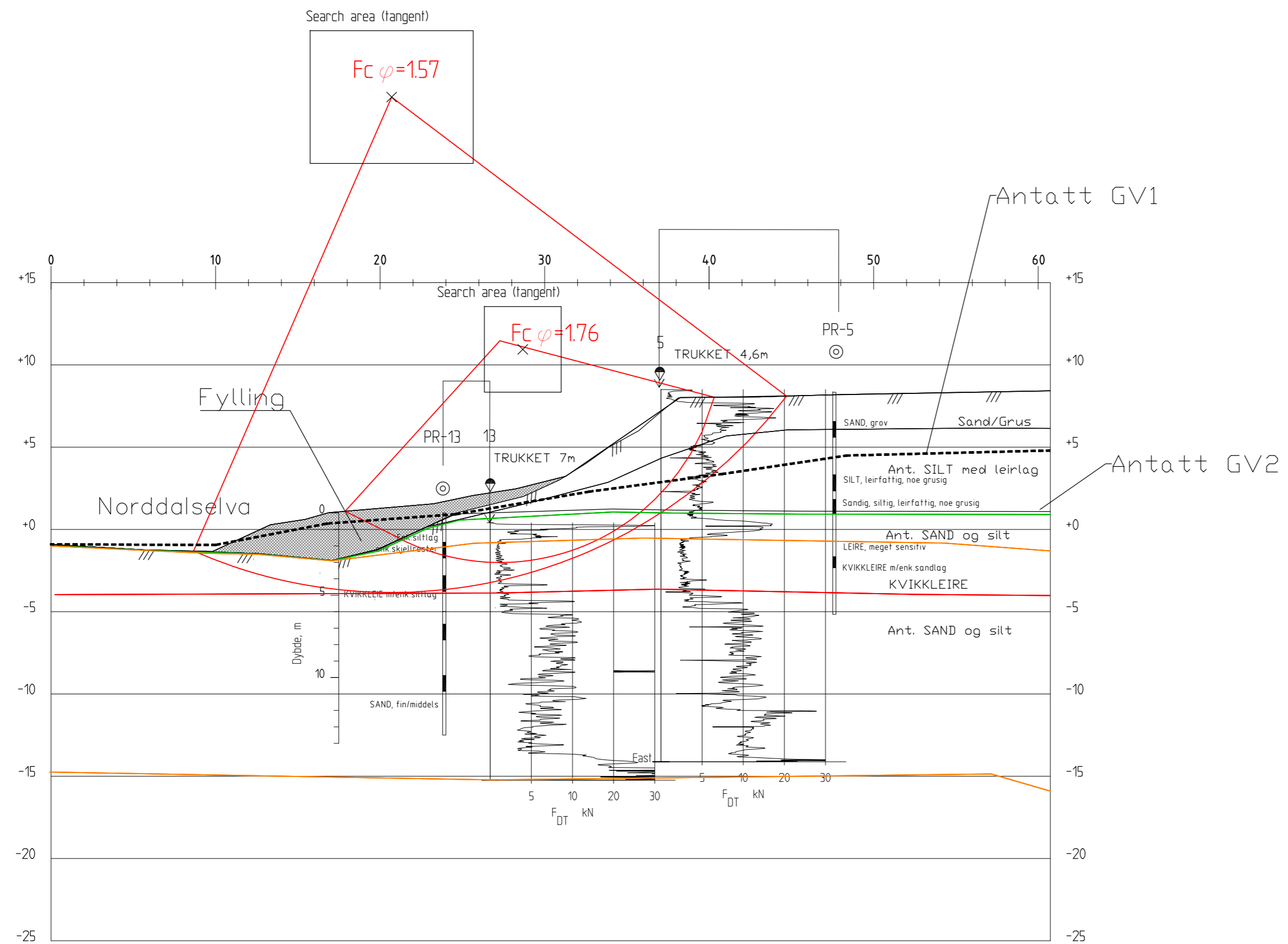
A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
Lengdeprofil P5-P5 Afi-Analyse m/tiltak Alternativ A		Tegningens filnavn P5_305.4_REV-A_15.06.dwg	Underlagets filnavn 414653-100.dwg		
MULTICONSULT AS		Målestokk 1:250			
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 305.4	Rev. A	



Material	Un.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/Grus	19.00	37.0	0.0				
Silt m/leirlag	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40
Sand m/silt	20.00	30.0	5.8				
Kvikkleire	20.00			C-prof	0.85	0.60	0.30
Sand m/silt	20.00			C-prof	1.00	0.70	0.40

Profil P5-P5
1 : 200

A Justert lagdeling, su-profil og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P5_305.5_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P5-P5 ADP-Analyse m/tiltak Alternativ B		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 305.5	Rev.	A



Profil P5-P5
1 : 200

A Justert lagdeling og bedre tilpasset søkeområde		15.06.2012	miab	SGH	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Åfjord kommune Årnes, områderegulering Stabilitetsanalyse		Original format A3 forlenget	Fag Geoteknikk		
		Tegningens filnavn P5_305.6_REV-A_15.06.dwg			
		Underlagets filnavn 414653-100.dwg			
Lengdeprofil P5-P5 Afi-Analyse m/tiltak Alternativ B		Målestokk 1:250			
MULTICONSULT AS		Dato 17.02.2012	Konstr./Tegnet miab	Kontrollert SGH	Godkjent OAA
7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 - Fax: 73 10 62 30/70		Oppdragsnr. 414653	Tegningsnr. 305.6	Rev.	A

Vedlegg 1

GRUNNUNDERSØKELSER
RV 715 ÅRNES BRU
Åfjord kommune

Oppdrag Ud 433 A
Rapport nr. 2

Dato: 29.01.85
SEH/GAH

UTM-ref: NR 600936 (Blad 1622 IV)

INNHOLD: SAMMENDRAG
I INNLEDNING
II MARK- OG LABORATORIEARBEID
III GRUNNFORHOLD
IV FUNDAMENTERINGSFORHOLD

VEDLEGG: Tegningsforklaring, Bilag 1 A
Tegning Ud 433A nr. -01 Oversikt M=1:50.000
-04 Oversikt M=1: 1.000
-05 Lengdeprofil
-06 Skråprofil 1 og 2
-07 Tverrprofiler
-08 Tverrprofiler

RV 715 ÅRNES BRU

SAMMENDRAG

Vi har utført supplerende grunnundersøkelser for ny Årnes bru. Dybden til antatt fjell langs bruaksen varierer fra 30 m ved søndre landkar til 5 m ved nordre landkar. Løsmassene er løst til middels lagret. Øverst er det et lag sandig silt med tykkelse 4 - 10 m. Ved søndre del av brua er det registrert et kvikkleirelag som ligger under kote -4.

Da løsmassene er kompresible og har liten bæreevne anbefaler vi hele brua fundamentert til fjell.

Pilaren og søndre landkar anbefales fundamentert på utstøpte stålrørspeler. Ved søndre landkar får vi pelelengder på 27 - 30 m. For pilarne ute i elva blir pelelengden fra 15 - 20 m. Pelene må rammes med 6 - 8 tonns fallodd. De utstyres med fjellsko som meisles inn i fjell. Rammeprosedyre ved innmeisling går fram av pelevegledning og av prosesskode 2, håndbok nr. 026.

Ved nordre landkar blir fundamenteringen noe mer komplisert da fjelldybden varierer på tvers av brua. Dybden til fjell varierer fra 3,5 m til 7 m over 10 m bredde. Landkaret kan enten direkte fundamenteres til fjell eller fundamenteres på peler til fjell. Det er for grunt på venstre side for pelefundamentering og for dypt på høyre side for direktefundamentering. Vi anbefaler derfor å gå ned med en vegg på venstre side og å pelefundamentere på høyre side. For å få fordelt lastene på flere punkt tilrår vi brukt betongpeler.

Ved søndre landkar venter vi problemer med stabiliteten under pelerammingen. Det bør derfor legges ut en mindre motfylling i foten av elveskråningen.

Både skolen ved landkar nord og verkstedbygget ved landkar syd blir utsatt for rystelser under pelerammingen. De største rystelsene blir på verkstedbygget. Begge byggene bør befares før ramming, og rystelsesmålere bør instaleres for å kontrollere rystelsene under ramming.

I INNLEDNING

Etter oppdrag fra anleggsavdelingen ved overing. Husby er det utført supplerende grunnundersøkelser for ny Årnes bru. Grunnlaget for undersøkelsen er stadfestet reguleringsplan av 21.08.79 og stikking i marka. Bruavdelinga i Vegdirektoratet har utarbeidet et forslag til spenninndeling av brua (tegn. av mai 84). Forslaget viser ei bru med to spenn på 46 m. I tillegg foreligger det foreløpige beregninger av belastninger. Orienterede grunnundersøkelser er rapportert i UD 433 A nr.1 av 03.01.83.

II MARK- OG LABORATORIEARBEID

Borearbeidet er utført i desember 1984 og i januar 1985. Det er utført dreiesonderinger, slagsonderinger og fjellkontrollboringer. I tillegg er det tatt opp 4 prøveserier. Trykket i porevannet er målt i 2 punkt. Alle borepunkt er nivellert. Prøvene er analysert ved vårt laboratorium på Sluppen. Resultatet går fram av profilene tegn. -05 til -08.

III GRUNNFORHOLD

Grunnforholdene langs bruaksen går fram av lengdeprofilen tegn. -05. Dybden til antatt fjell er 25-30 m ved profil 95, den avtar nordover og er 4 - 5 m ved profil 180 - 190. Sonderingene på tvers av bruaksen viser at fjellet skrår nedover mot høyre (oppstrøms). Vi understreker at alle fjellsonderingene, unntatt i profil 181, er utført med lett utstyr. Fjellet kan derfor enkelte steder ligge lavere enn angitt på profilene. I profil 95 G_h og 139-7V er sonderingene stanset mot stein i ca. 10 m dybde, der dybden til antatt fjell er henholdsvis 27 og 15 m. Lømassene er middels til løst lagret. De består øverst av siltige masser som inneholder noe sand og leire. Det er sansynlig at de også inneholder noe stein. På strekningen profil 90-120 er det et tynt sandlag på ca. 1 m under siltlaget. Under dette sandlaget, dog under kote -4, er det et lag kvikkleire. Det strekker seg fra sør og fram til ca. profil 155. Den nedre begrensning av kvikkleirelaget kjenner vi ikke.

IV FUNDAMENTERINGSFORHOLD

Generelt

Bruprosjekteringen og grunnundersøkelsene har gått parallelt i denne saken. Det er derfor blitt en del justeringer underveis. Blandt annet har gang- og sykkelvegsystemet krevd forandring i bruplanene. I siste forslag, som nå betraktes som endelig, er brua på 2 spenn á 41 m. Fundamentene ligger i profil 98, 139 og 180.

Da løsmassene er bløte og kompresible vil vi anbefale å fundamenter hele brua på peler til fjell. Når det gjelder retningslinjer for pelearbeidene henvises til den reviderte pelevegledning av 1981 og prosesskode 2, håndbok nr. 026

Pilar profil 139

Pilaren anbefales fundamentert på utstøpte stålrørspelar til fjell. Dybden til antatt fjell varierer fra 15-20 m fra terreng. Ut fra de oppgitte laster er det tilstrekkelig med 3 peler med diameter 800 mm. Vi har da regnet at stålet (tykkelse 12 mm) redusert med 2 mm for korrosjon, tar last. Ut fra sikkerhets-hensyn og for ikke å få for grov spiss kan det brukes 4 peler. Pelene må utstyres med fjellspiss for innmeisling i fjell. Da vi ikke ønsker at pelene skal gå helt opp til brua, bør de støpes inn i en pilar ved terrengnivå. Ved denne byggemåte vil det ikke være behov for utgraving og spunting, og vi unngår kostbart undervannsarbeid. Hvis pelen avsluttes like under terrengnivå blir faren for korrosjon minimal. Fjellspissen konstrueres med muligheter for fordybling. Den dimmensjoneres etter formel side 113 i den reviderte peleveg- ledningen av januar 1981. Formelen beregner fjellets dimmen- sjonerende bæreevne $\bar{\sigma}_d$.

$$\bar{\sigma}_d = 3 \frac{\bar{\sigma}_y \cdot A_p}{\gamma_m}$$

der $\bar{\sigma}_y$ = trykkfasthet av sylindrisk fjellprøve

A_p = spissarealet

γ_m = materialkoeffesient

Trykkfastheten av fjellet er målt til 100 Mpa. Ved material- koeffesient på 2,0 får vi dimmensjonerende bæreevne på 150 Mpa. En dimmensjonerende last på 5000 kN gir en nødvendig spiss- diameter på ca. 200 mm.

For å meisle denne grove spissen inn i fjellet kreves et tungt lodd. Vi vil anbefale et 6-8 tonns fallodd. Innmeislingen skal foregå etter oppskrift fra pelevegledningen. For å kontrollere fjellfestet må pelen prøvebelastes dynamisk. Dvs. det rammes noen få slag med fallhøyde som gir en ramme- spenning tilsvarende ca. 1,5 ganger dimmensjonerede last. Pelene må plasseres nøyaktig og innenfor de toeransegrenser som er angitt i prosesskoden, dvs. 0,1 m.

Landkar sør profil 98

Dybden til antatt fjell under dette landkaret er 27-30 m. Boringene er tatt i profil 95. Løsmassene består øverst av sandig silt som i 9 m dybde går over til kvikkleire. I profil 95 Q_4 er sønderingen stoppet mot stein. Landkaret tilrås fundamentert på utstøpte stålrørspelar til fjell. Vi er litt usikre på rammemotstanden for så lange peler. Den kan bli stor de siste meterene. Det bør brukes 2 evt. 3 peler. Horisontalkreftene taes i forankringsplate i fyllingen bak land- karet.

Når det gjelder dimensjonering av spiss, fordybling og inn- meisling henvises det til ovenforstående avsnitt.

Landkar profil 180

Dybden til fjell er ca. 4,5 m i \odot . Fjellet faller av mot høyre slik at dybden er ca. 7 m i profil 180-5H og 3,5 m i profil 180-5V. Løsmassene består av sandig silt. Det er planlagt fotgjengertunnel like bak landkaret. Landkaret kan enten fundamenteres direkte på fjell eller på peler til fjell. Direktefundamentering krever utgraving til 6-7 m. Vi må regne med avstivet spunt for å sikre fundamentgropa. Denne fundamenteringsmetode ventes å bli omstendelig og dyr.

Pelefundamentering kan utføres på to forskjellige måter.

- 1) Betongpeler med skråpeler og fundamntplate.
- 2) Stålrørspeler med friksjonsplate i tilløpsfylling.

Betongpeler har den fordel at vi får lasten fordelt på flere punkter. Vi er litt skeptisk til de korteste pelene (ca. 3 m). Stålrørspeler har den fordel at vi får samme fundamenteringsmetode på alle 3 fundamentene. Både stålrørspeler og betongpeler vil gi et teknisk sett godt resultat. Valget av peletype sees i sammenheng med landkarløsningen. Løsningen bør også vurderes økonomisk. Når det gjelder de korte pelene på venstre side av \odot kan disse erstattes med en vegg til fjell. Vi får da en kombinasjon av direkte fundamentering til fjell og pelefundamentering til fjell.

Stabilitet av elveskråningene ved peleramming

Ved peleramming vil vi få poretrykksøkning og fortrenging av jord. Stabiliteten av elveskråningene blir da redusert.

Ved landkar nord antas rammingen ikke å gi stabilitetsproblemer da dybden til fjell er liten.

Ved landkar sør har vi 27-30 m til antatt fjell. I tillegg er det registrert kvikkleire under kote -4. Elveskråningen har, ut fra antatte jordartsparetre, tilfredstillende men knapp stabilitet i naturlig tilstand. Ved peleramming vil poretrykket stige og stabiliteten minke. Det er vanskelig å vurdere størrelsen av poretrykkstigningen, men vi mener at det er fare for utrasing av skrånningen. For å bedre stabiliteten anbefaler vi utlagt en motfylling av stein i skråningsfot. Den må bygges 1,5 m høy, 6 m bred og 15 m lang.

Rystelser ved peleramming

Ved landkar nord er det 35 m fra skolen til stedet pelene rammes. Pelene skal rammes ca. 6-7 m i løs sandig silt før de meisles inn i fjell

Vi kan teoretisk vente svingehastigheter på opptil 3 mm/sek. på skolen. Det er da forutsatt 0,5 m fallhøyde, 4 tonns lodd og 35 m avstand til skolen. Svingehastigheten på 3 mm/sek. kan være skadelig for skolen.

Da rammingen bare er til 6 m dybde og går i løst lagret jord ventes svingehastigheten å bli mindre enn 3 mm/sek.

Vi anbefaler befarng på skolen før arbeidet settes i gang. Ved peleramming installeres rystelsesmåler i grunnmuren på skolen. Hvis de målte rystelser ansees for skadelige må fallhøyden ved pelingen reduseres

Ved landkar sør er det 15-20 m avstand til verksted/garasje på Årnes vegstasjon. Det benyttes 6 tonns lodd og fallhøyden kan bli opptil 0,8 m. Det kan ventes rystelser på opptil 15 mm/sek. Normalt vil slike rystelser gi skader på hus med kjeller/grunnmur. Verkstedbygget er et lett bygg fundamentert på vingmur med gulv direkte på grunnen. Vi venter derfor at bygget skal tåle noe mer rystelser enn normalt. Også for dette bygget bør det taes en befaring før arbeidet starter og rystelsene på bygget bør måles. Ved antydning til skader kan fallhøyden ved rammingen reduseres.

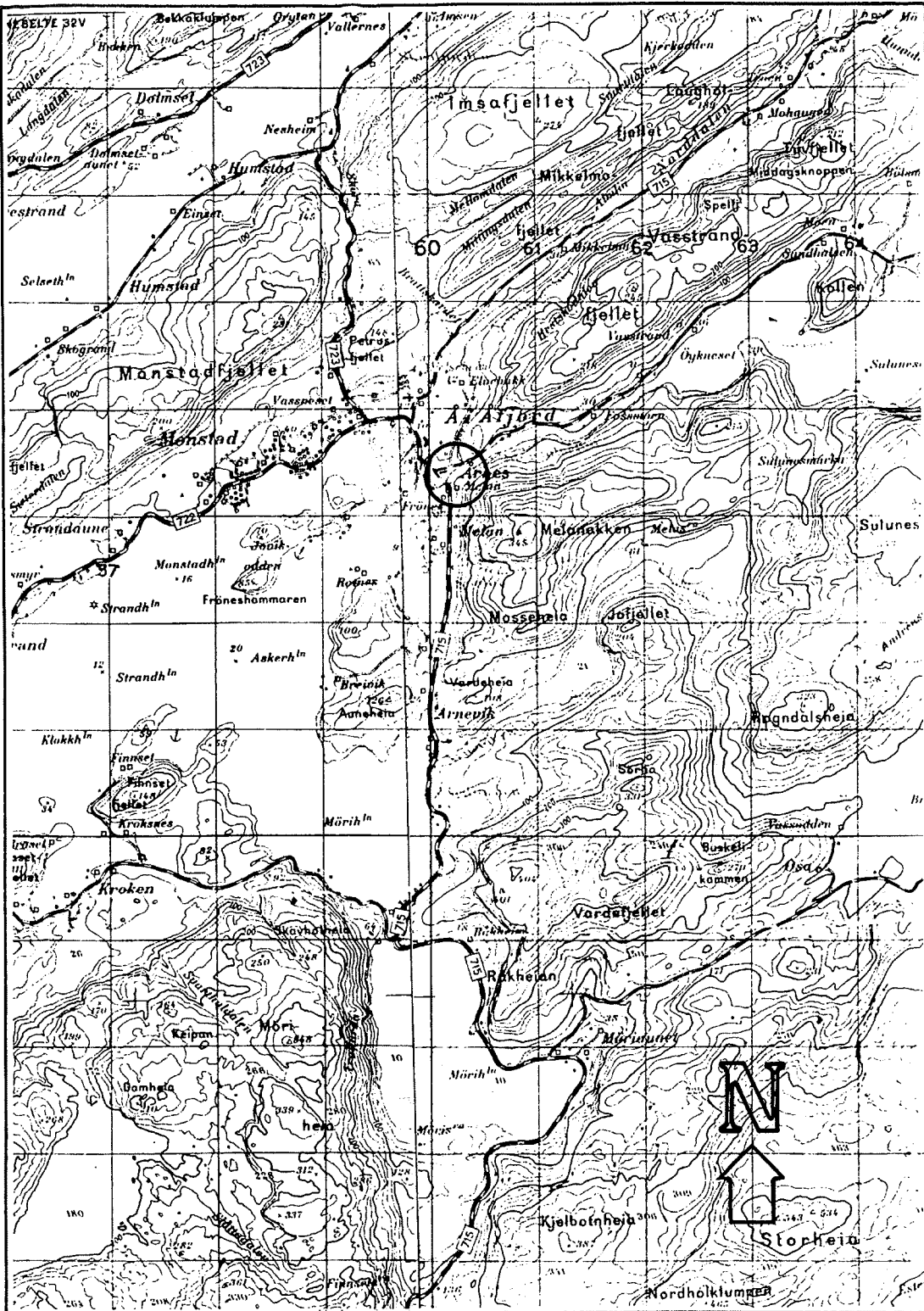
Vegkontoret i Sør-Trondelag

Laboratoriet 29.01.85

Odd Musum

Odd Musum

Svein E. Hove
Svein E. Hove



OVERSIKTSKART

Rv. 715 ÅRNES BRU

Målestokk

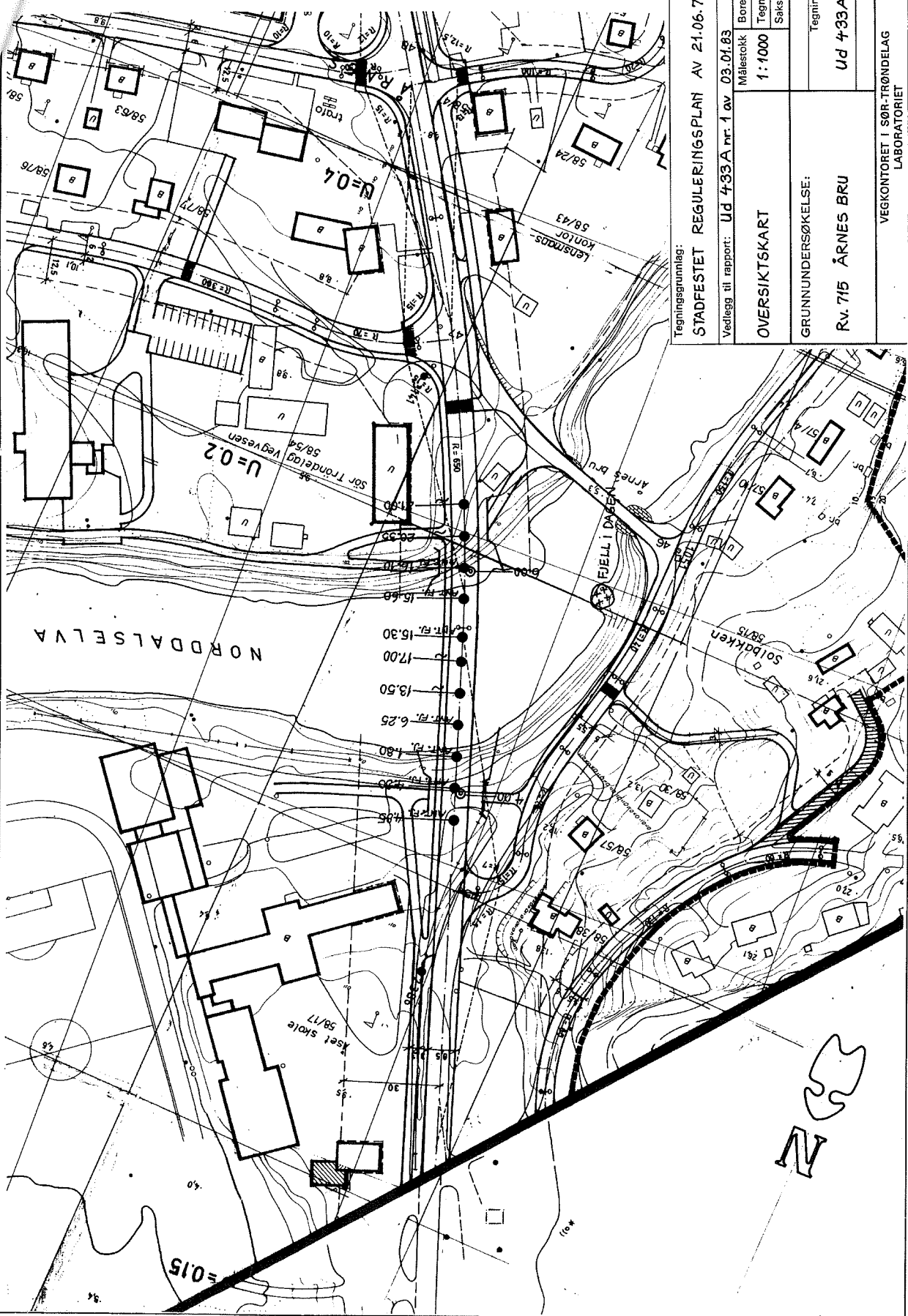
1:50000

Tegning nr.

Ud 433A-01

Dato/Sign.: 12/10-82 UN

VEGKONTORET I SØR-TRØNDELAG. LABORATORIET.

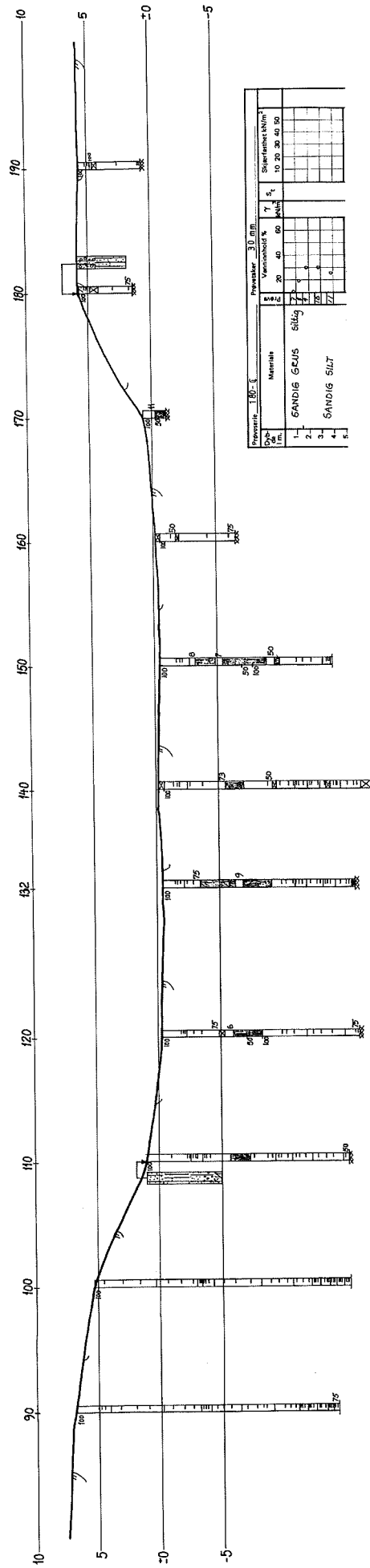


Tegningsgrunnlag:
STADFESTET REGULERINGSPLAN AV 21.06.79
 Vedlegg til rapport: **Ud 433A nr. 1 av 03.01.83**

OVERSIKTSKART	Boret:	Målestokk
	Tegn.: 12/10-82 UN	1:1000
GRUNNUNDERSØKELSE:	Saksbeh.: S.E.H.	Tegning nr.
	Rv. 715 ÅRNES BRU	Ud 433A-02

VEGKONTORET I SØR-TRØNDELAG
 LABORATORIET

LENGDEPROFIL 90-190



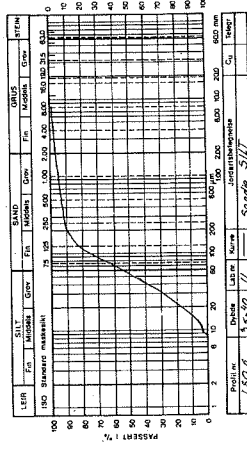
Profilnr. 180-6

Prøvestørrelse 30 mm

Material	1	2	3	4	5	6
SANDIG GRUS	77	77	77	77	77	77
SANDIG SILT	77	77	77	77	77	77

Sjællandsk Vind

Skjæringstid (min)	10	20	30	40	50
1					
2					
3					
4					
5					
6					



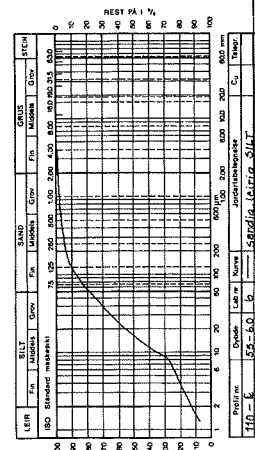
Profilnr. 110-6

Prøvestørrelse 30 mm

Material	1	2	3	4	5	6	7
SILTIG SAND	77	77	77	77	77	77	77
SILT	77	77	77	77	77	77	77
SILTIG SAND	77	77	77	77	77	77	77
SILTIG GRUS	77	77	77	77	77	77	77
SANDIG LEIRIG SILT	77	77	77	77	77	77	77

Sjællandsk Vind

Skjæringstid (min)	10	20	30	40	50
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

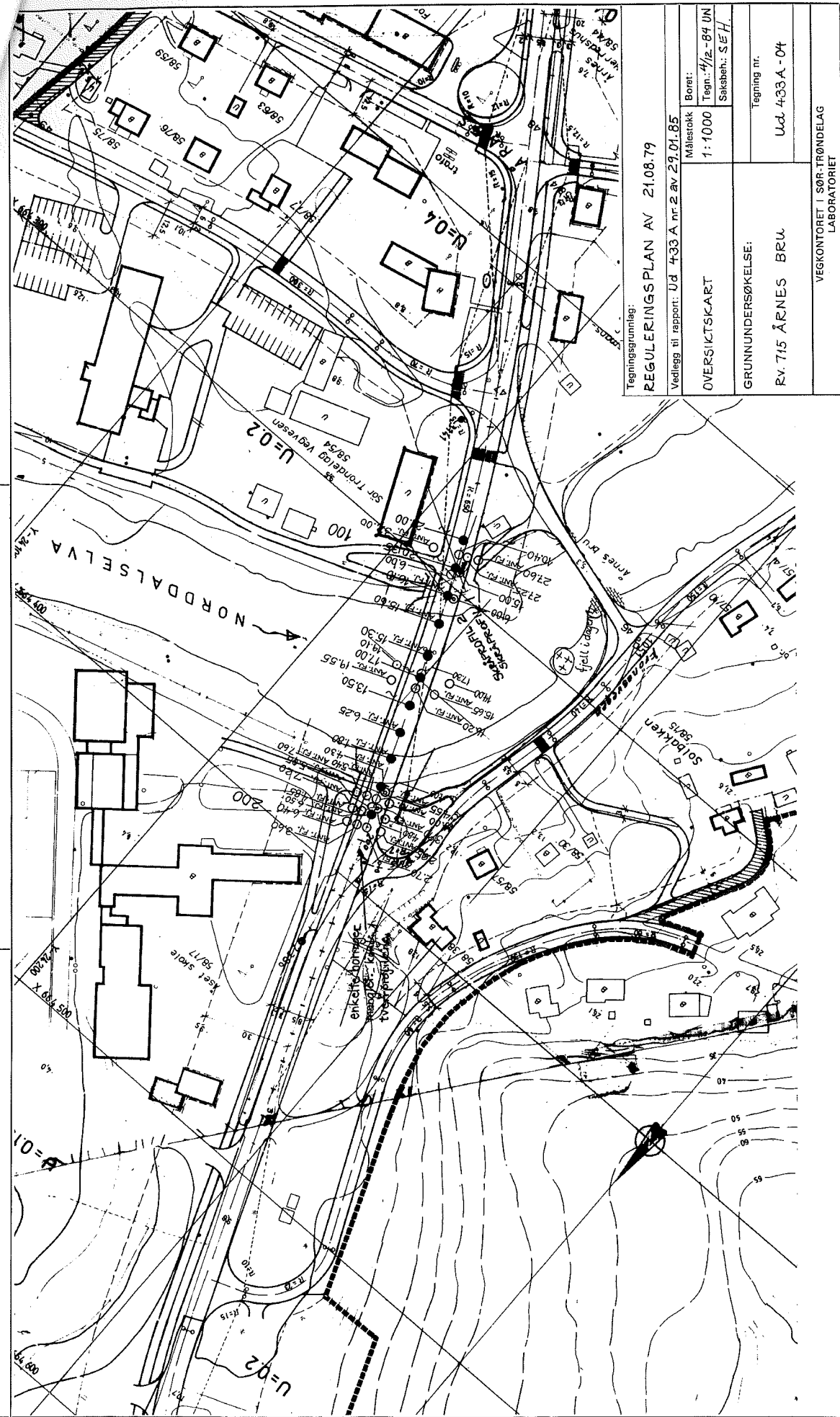


Tegningsgrundlag:
BL. 80

Vedlegg til rapport: Ud 433A nr. 1 av 03.01.83
Målestokk: 1:200
Lengdeprofil 90-190
Saksbehandler: S.S.H.

GRUNNUNDERSØKELSE:
Rv. 715 ÅRNES BRU
Tegning nr.: Ud 433A-03

VEKONTORET I ØST-FRONDALAG
LADDRANDSBRIET



Tegningsgrunnlag:
REGULERINGSPLAN AV 21.08.79

Vedlegg til rapport: Ud 433 A nr 2 av 29.01.85

Boret:	Målestokk
Tegn.: 1/12-84 UN	1:1000
Saksbeh.: S.E.H.	
Tegning nr.	
Ud 433 A-04	

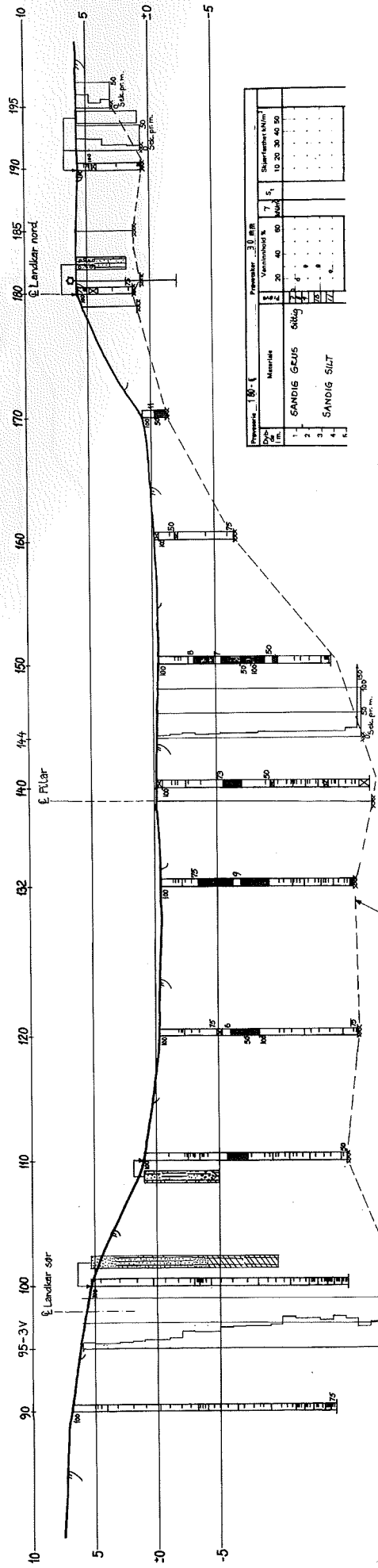
OVERSIKTSKART

GRUNNUNDERSØKELSE:

Rv. 715 ÅRNES BRU

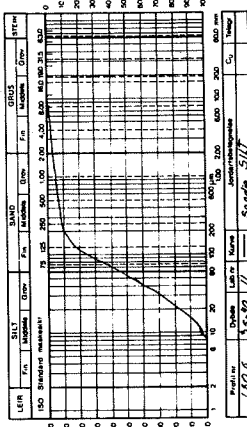
VEGKONTORET I SØR-TRØNDELAGE
 LABORATORIET

LENGDEPROFIL 90-190



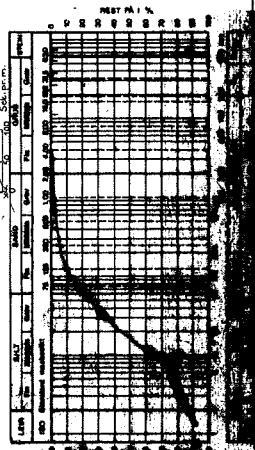
Profilnummer: 110-1

Skj. nr.	Material	Vannhold %	Skjærstyrke N/cm ²
1	SANDIG GEUS	68	10 20 30 40 50
2	SANDIG GEUS	68	10 20 30 40 50
3	SANDIG GEUS	68	10 20 30 40 50
4	SANDIG GEUS	68	10 20 30 40 50
5	SANDIG GEUS	68	10 20 30 40 50
6	SANDIG GEUS	68	10 20 30 40 50



Profilnummer: 110-1

Skj. nr.	Material	Vannhold %	Skjærstyrke N/cm ²
1	SILTIG SAND	68	10 20 30 40 50
2	SILT	68	10 20 30 40 50
3	SILTIG SAND	68	10 20 30 40 50
4	SILTIG SAND	68	10 20 30 40 50
5	SILTIG GEUS	68	10 20 30 40 50
6	SANDIG LEIRIG SILT	68	10 20 30 40 50



Tegningsnummer: BL 80

Vedlegg til rapport: Ud 433A nr. 2 av 29.01.85

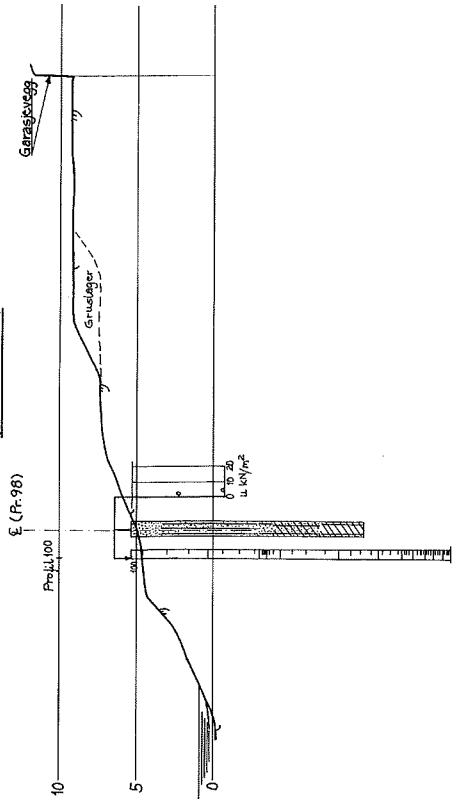
Blåsett: 1:200

Sakkebeholdning: SE 1/

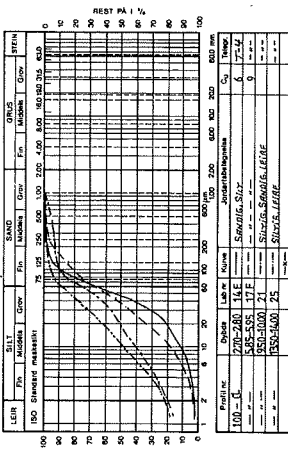
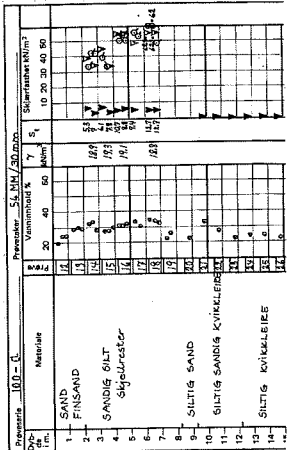
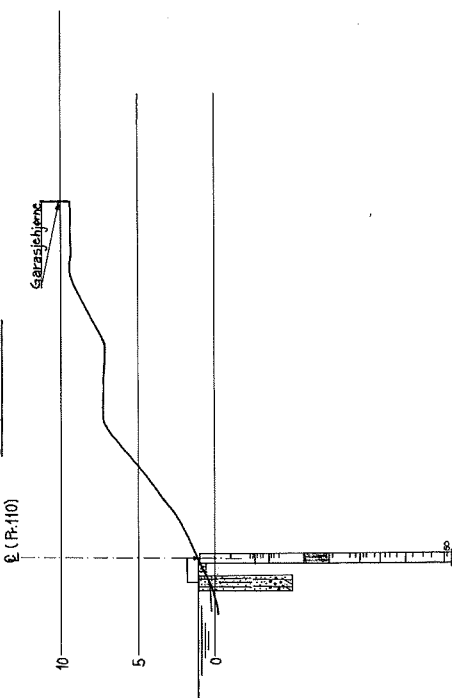
Legning nr. Ud 433A - 05

VEGKONTORET I SØR-TRØNDELAG
LABORATORIET

SKRÅPROFIL 1

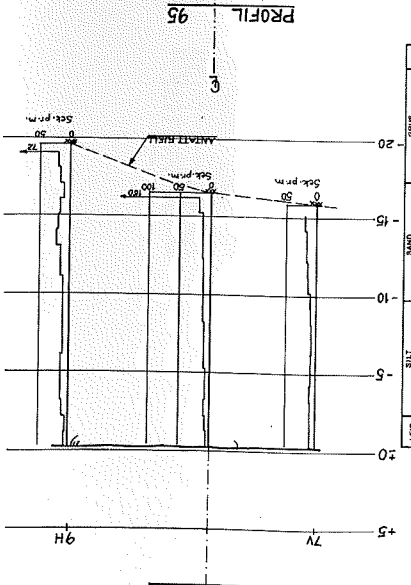
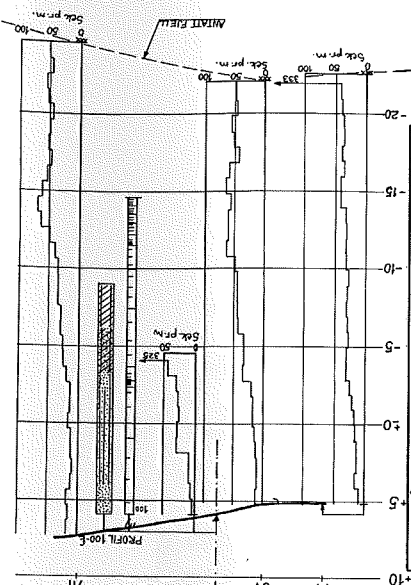
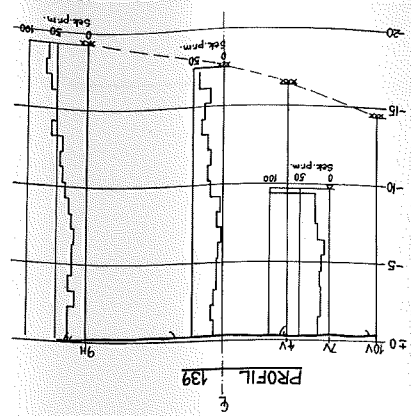


SKRÅPROFIL 2



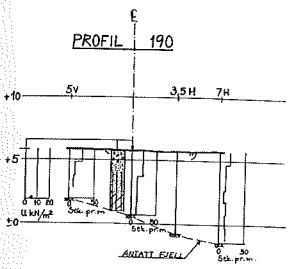
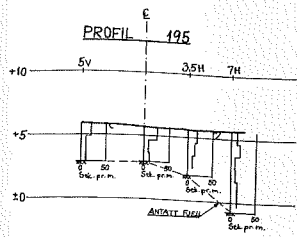
Tegningsgrunnlag:
 NIV. BOPKT.
 Vedlegg til rapport: Utd 433 A nr. 2 23.10.85
 Målestokk: 1:200
 Boret: Tem: 10/12-84 UN
 Sketsht: S.E.H.
 SKRÅPROFIL 1 06 2
 GRUNNUNDSØKELSE:
 Rv. 714 ÅRNES BRU
 Utd 433 A - 06
 VEGKONTORET I SØR-TRONDHELAG
 LABORATORIET

Topningsnummering:
 NIV. BORPÆKT.
 Vedlegg til rapport: Utd. 7.33 A nr. 2 av 29.01.65
 MÅSTOKK 1:200
 Boret: 7/2-84 UN
 Saksbeht.: SLE/H
 Tegning nr. Utd. 4-33 A-07
 GRUNNUNDERSØKELSE:
 RV. 715 ÅRNES BRU
 VEKSKONTRET I SØR-FRØNDELAG
 LABORATORIET

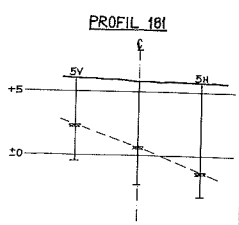
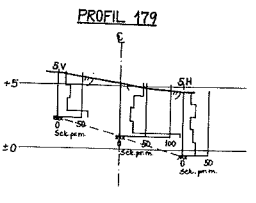
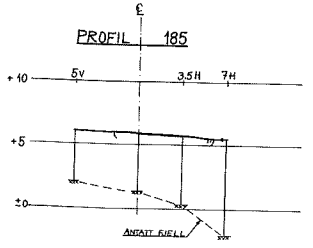
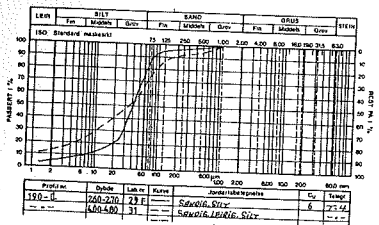


Profil	Fm	Høyde	Vanninnhold %		Sjikt	Sjiktets tykkelse (m)	Sjiktets karakter
			100-5	100-20			
1	0-1	100	12	18	1	0.1	SAND
2	1-2	99	13	19	2	0.1	FINNSAND
3	2-3	98	14	20	3	0.1	SANDIG SLUT
4	3-4	97	15	21	4	0.1	SLUTRENDER
5	4-5	96	16	22	5	0.1	SANDIG SLUT
6	5-6	95	17	23	6	0.1	SLUTRENDER
7	6-7	94	18	24	7	0.1	SANDIG SLUT
8	7-8	93	19	25	8	0.1	SLUTRENDER
9	8-9	92	20	26	9	0.1	SANDIG SLUT
10	9-10	91	21	27	10	0.1	SLUTRENDER
11	10-11	90	22	28	11	0.1	SANDIG SLUT
12	11-12	89	23	29	12	0.1	SLUTRENDER
13	12-13	88	24	30	13	0.1	SANDIG SLUT
14	13-14	87	25	31	14	0.1	SLUTRENDER
15	14-15	86	26	32	15	0.1	SANDIG SLUT
16	15-16	85	27	33	16	0.1	SLUTRENDER
17	16-17	84	28	34	17	0.1	SANDIG SLUT
18	17-18	83	29	35	18	0.1	SLUTRENDER
19	18-19	82	30	36	19	0.1	SANDIG SLUT
20	19-20	81	31	37	20	0.1	SLUTRENDER
21	20-21	80	32	38	21	0.1	SANDIG SLUT
22	21-22	79	33	39	22	0.1	SLUTRENDER
23	22-23	78	34	40	23	0.1	SANDIG SLUT
24	23-24	77	35	41	24	0.1	SLUTRENDER
25	24-25	76	36	42	25	0.1	SANDIG SLUT
26	25-26	75	37	43	26	0.1	SLUTRENDER
27	26-27	74	38	44	27	0.1	SANDIG SLUT
28	27-28	73	39	45	28	0.1	SLUTRENDER
29	28-29	72	40	46	29	0.1	SANDIG SLUT
30	29-30	71	41	47	30	0.1	SLUTRENDER

LERN	Fm	Høyde	SAND		SLUT		Sjikt	Sjiktets tykkelse (m)
			100-5	100-20	100-5	100-20		
1	0-1	100	12	18	13	19	1	0.1
2	1-2	99	13	19	14	20	2	0.1
3	2-3	98	14	20	15	21	3	0.1
4	3-4	97	15	21	16	22	4	0.1
5	4-5	96	16	22	17	23	5	0.1
6	5-6	95	17	23	18	24	6	0.1
7	6-7	94	18	24	19	25	7	0.1
8	7-8	93	19	25	20	26	8	0.1
9	8-9	92	20	26	21	27	9	0.1
10	9-10	91	21	27	22	28	10	0.1
11	10-11	90	22	28	23	29	11	0.1
12	11-12	89	23	29	24	30	12	0.1
13	12-13	88	24	30	25	31	13	0.1
14	13-14	87	25	31	26	32	14	0.1
15	14-15	86	26	32	27	33	15	0.1
16	15-16	85	27	33	28	34	16	0.1
17	16-17	84	28	34	29	35	17	0.1
18	17-18	83	29	35	30	36	18	0.1
19	18-19	82	30	36	31	37	19	0.1
20	19-20	81	31	37	32	38	20	0.1
21	20-21	80	32	38	33	39	21	0.1
22	21-22	79	33	39	34	40	22	0.1
23	22-23	78	34	40	35	41	23	0.1
24	23-24	77	35	41	36	42	24	0.1
25	24-25	76	36	42	37	43	25	0.1
26	25-26	75	37	43	38	44	26	0.1
27	26-27	74	38	44	39	45	27	0.1
28	27-28	73	39	45	40	46	28	0.1
29	28-29	72	40	46	41	47	29	0.1
30	29-30	71	41	47	42	48	30	0.1



Dp [m]	Material	Vandehold %		Sjæfærdighed %
		20	40	
1	GRØS/G SAND	10	60	10 20 30 40 50
2	FINSAND	10	60	10 20 30 40 50
3	SANDIG SILT	10	60	10 20 30 40 50
4	SANDIG LEIRIG SILT	10	60	10 20 30 40 50



Tegningens udarbejdet af: **NV. BØRCHT**
 Værdigt til brug: **Lfd. 433 A nr. 2, 28. 27. 01. 05**
 PROFIL 179, 181, 185, 190, 195
 GRUNDUNDERSØGELSE
 R. 715 ÅRNES BRU
 Lfd. 433 A-08
 Tegning nr.

VERDITEST
 LABORATORIET


Vedlegg 2

HULL 2

414653/6, Hull 2, 9.4m / 96kg fjær

$S_u: 50kN/m^2$

$E_f: 3\%$



LEUTERT INDICATORS
 System Maihak
 Schillerstrasse 14 · 21365 Adendorf · Germany
 Phone +49 4131 959-0 · Fax 959-111 · info@leutert.com

414653

HZ 7.4m

Dybde 9.45m


96kg

Fjær 3ATM

$S_u 50kN/m^2$

$E_f 4\%$

KIT



System Maihak
 Schillerstrasse 14 · 21365 Adendorf · Germany
 Phone +49 4131 959-0 · Fax 959-111 · info@leutert.com

HULL 4

LEUTERT INDICATORS
System Mailnak
Schillerstrasse 14 · 21365 Adendorf · Germany
Phone +49 4131 959-0 · Fax 959-111 · info@leuert.com

414653
H. 4
11,25m

6,4 kg
2 atm. fier

See 7 kN/m²
et 9%

Kjft 09/03-11

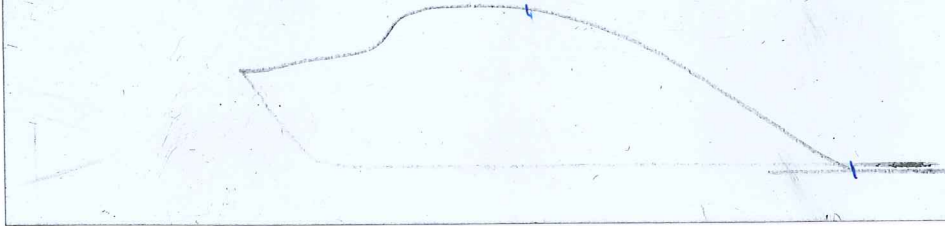
Hull 5

414653/TG27, Hull 5, 10,85m

19.2kg fjær

$S_u: 21 \text{ kN/m}^2$

$E_f: 7.5\%$



LEUTERT INDICATORS

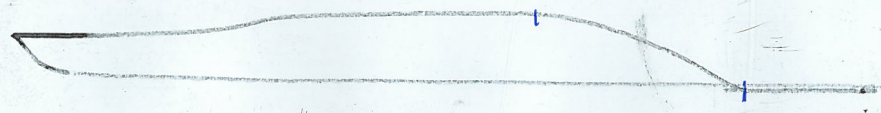
System Mathak

Friedrich Leutert GmbH & Co. KG | www.leutert.com
Phone: +49 4131 959-0 | Fax: +49 4131 959-111

HULL 6

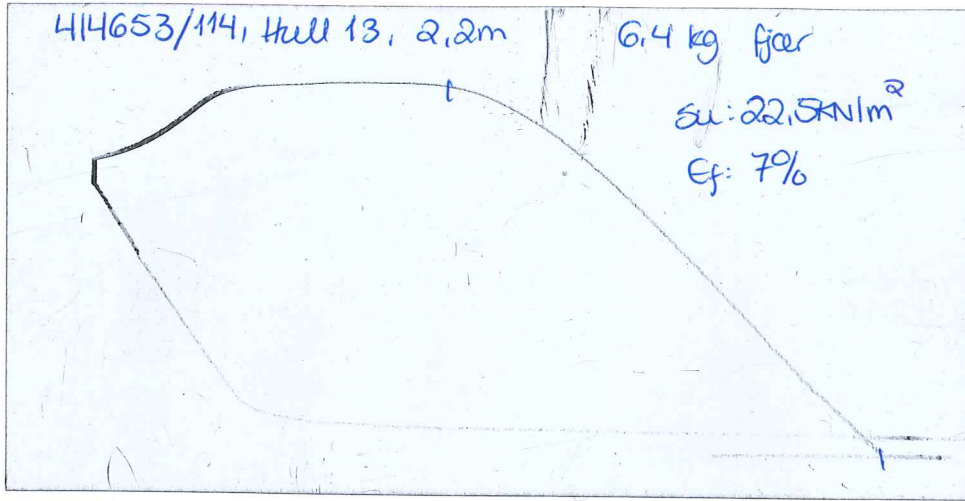
414653/A168, Hull 6, 4,15 m
Su: 10kN/m²
Ef: 6%

19,2 kg fiber

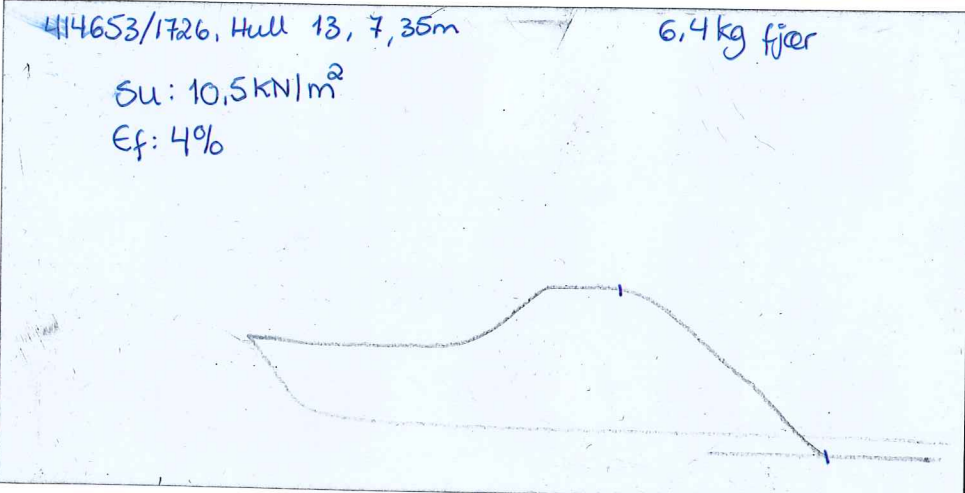


LEUTERT INDICATORS
System Malnak
Schillerstrasse 14 · 21365 Adendorf · Germany
Phone +49 4131 959-0 · Fax 959-111 · info@leutert.com

Hull 13



LEUTERT INDICATORS
System Maihak
Schillerstrasse 14 · 21365 Adendorf · Germany
Phone: +49 4131 959-0 · Fax: 959-111 · info@leutert.com

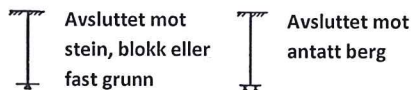


LEUTERT INDICATORS
System Maihak
Friedrich Leutert GmbH & Co. KG | www.leutert.com
Phone: +49 4131 959-0 | Fax: +49 4131 959-111

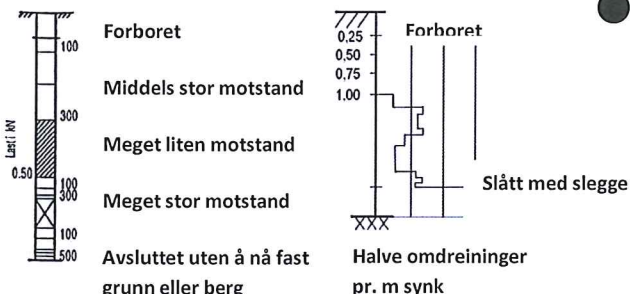


LEUTERT INDICATORS
System Maihak
Friedrich Leutert GmbH & Co. KG | www.leutert.com
Phone: +49 4131 959-0 | Fax: +49 4131 959-111

Vedlegg 3



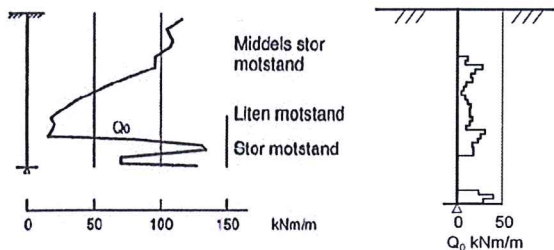
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



DREIESONDERING (NGF MELDING 3)

Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

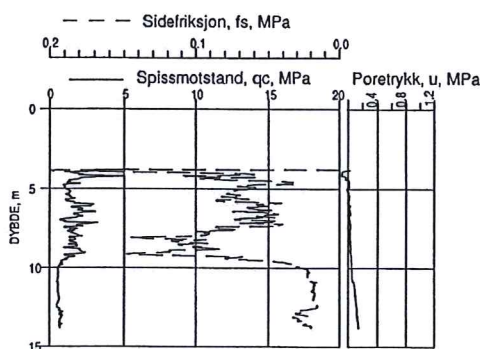
Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybdeskala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres.

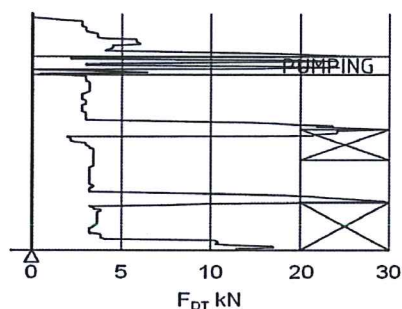
Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.
 $Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)

Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).

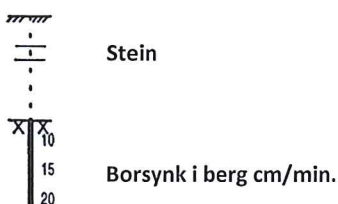


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.

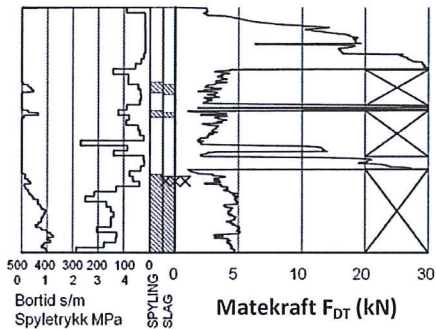
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.



BERGKONTROLLBORING

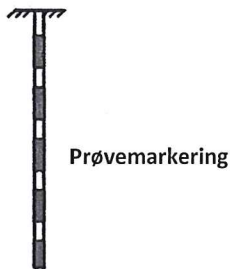
Utføres med skjøtbare $\phi 45$ mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.



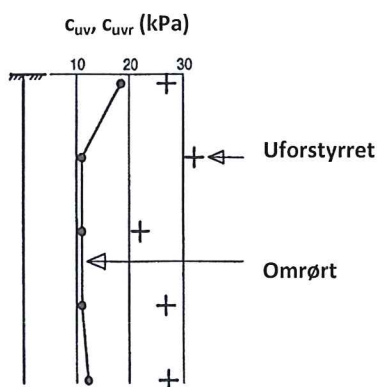
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)
Kombinerer metodene dreietrykksondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes dreietrykkmodus, og boret presses ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



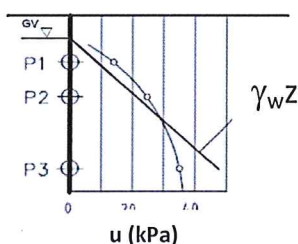
⊙ MASKINELL NAVERBORING
Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhjull kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.



⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylindereprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylinderen presset ned mens innerstangen med stempelet holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere. Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)
Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet c_{uv} og c_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



⊖ PORETRYKSMÅLING (NGF MELDING 6)
Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stige høyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene. Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

MINERALSKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

Ved prøveåpning klassifiseres og identifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjoner 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 leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER (NS-EN ISO 14688-1 & 2)

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

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet.
• <i>Fibrig torv</i>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• <i>Delvis fibrig torv, mellomtorv</i>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• <i>Amorf torv, svarttorv</i>	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 omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

SKJÆRFASSTHET

Skjærfastheten uttrykkes ved jordens skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (effektivspenningsanalyse) eller c_u (c_{uA} , c_{uD} , c_{uP}) (totalspenningsanalyse).

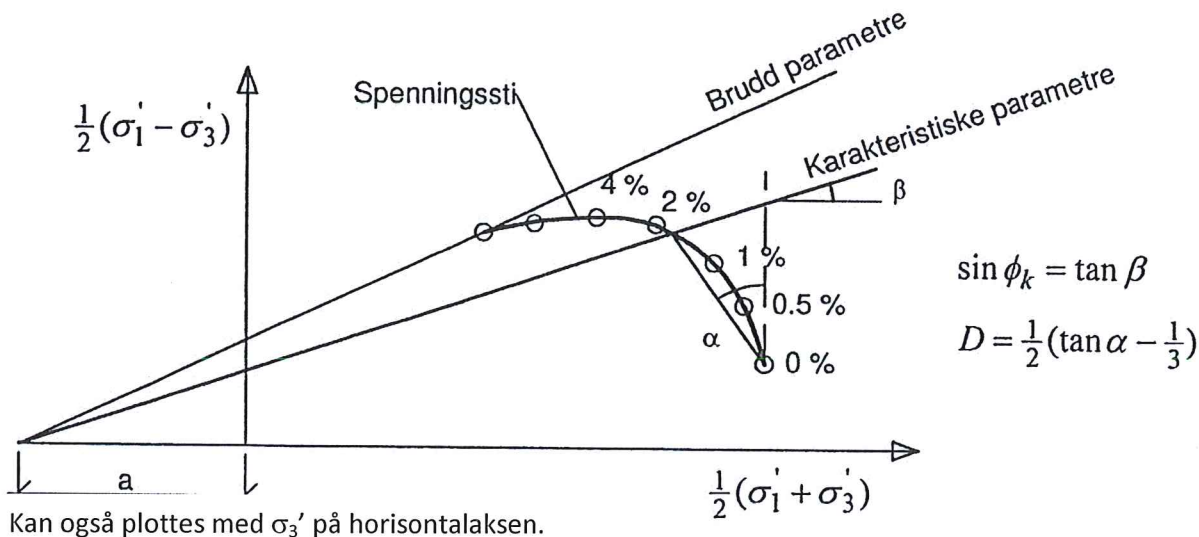
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon), $\tan\phi$ (friksjon) og eventuelt $c = a \tan\phi$ (kohesjon) 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 tøyingsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

For korttids effektivspenningsanalyse kan også poretrykkparametrene A , B og D bestemmes fra forsøksresultatene.

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

Udrenert skjærfasthet bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen. Denne skjærfastheten representerer en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}) (NS8016), konusforsøk (c_{uk} , c_{ukr}) (NS8015), udrenerte treaksialforsøk (c_{uA} , c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykkmåling (CPTU) ($c_{u\text{CPTU}}$) eller vingebor (c_{uv} , c_{ur}).



SENSITIVITET S_t (-)

Sensitiviteten $S_t = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet (NS 8015) eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet c_r ($s_r < 0,5$ kPa), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

VANNINNHOLD (w %) (NS 8013)

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 – FLYTEGRENSE (w_l %) OG PLASTISITETSGRENSE (w_p %) (NS 8002 & 8003)

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 (utruulingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisiteten $I_p = w_l - w_p$ (%) 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).

DENSITETER (NS 8011 & 8012)

Densitet (ρ , g/cm ³)	Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.
Korndensitet (ρ_s , g/cm ³)	Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff
Tørr densitet (ρ_d , g/cm ³)	Masse av tørt stoff pr. volumenhet

TYNGDETTETTER

Tyngdetetthet (γ , kN/m ³)	Tyngde av prøve pr. volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der $g = 10 \text{ m/s}^2$)
Spesifikk tyngdetetthet (γ_s , kN/m ³)	Tyngde av fast stoff pr. volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$)
Tørr tyngdetetthet (γ_d , kN/m ³)	Tyngde av tørt stoff pr. volumenhet ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$)

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

Poretall e (-)	Volum av porer dividert med volum fast stoff ($e = n/(100-n)$) der n er porøsitet (%)
Porøsitet n (%)	Volum av porer i % av totalt volum av prøven

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

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.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved setningsberegning og bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon og belastes vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last. Sammenhengende verdier for last og deformasjon (tøyning ϵ) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen σ' . Deformasjonsmodulen viser en systematisk oppførsel for ulike jordarter og spenningsstilstander, og oppførselen kan hensiktsmessig beskrives med modulfunksjoner og inndeles i tre modeller:

Modell	Moduluttrykk	Jordart - spenningsområde
Konstant modul	$M = m_{oc}\sigma_a$	OC leire, $\sigma' < \sigma'_c$ (σ'_c = prekonsolideringsspenningen)
Lineært økende modul	$M = m(\sigma' \pm \sigma_r)$	Leire, fin silt, $\sigma' > \sigma'_c$
Parabolisk økende modul	$M = m\sqrt{\sigma'\sigma_a}$	Sand, grov silt, $\sigma' > \sigma'_c$

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. 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 ρ , som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

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).

HUMUSINNHOLD

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

Vedlegg 4