
RAPPORT

Fergeterminalen Kristiansand

OPPDRAKSGIVER

Kristiansand Havn KF

EMNE

Orienterende geotekniske beregninger og vurderinger - Stabilitet og fundamentering (Hampa - Smiths lager)

DATO / REVISJON: 12. januar 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 313640-RIG-RAP-004



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	Fergeterminalen Kristiansand	DOKUMENTKODE	313640-RIG-RAP-004
EMNE	Orienterende geotekniske beregninger og vurderinger - Stabilitet og fundamentering (Hampa - Smiths lager)	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kristiansand Havn KF	OPPDRAGSLEDER	Jostein Aasen
KONTAKTPERSON	Svein-Inge Larsen	UTARBEIDET AV	Jostein Aasen
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 440450 NORD: 6445200	ANSVARLIG ENHET	2361 Miljø og Spesialrådgivning Sør
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Kristiansand		

SAMMENDRAG

Det planlegges en utvidelse av fergeterminalen i Kristiansand som følge av planlagt ny trase for E39 forbi havneområdet. I forbindelse med disse planene ønskes det også en omlegging/utvidelse av dagens kai ved Hampa/Smiths lager samt etablering av nytt ferjeleie her. I den forbindelse har Multiconsult, på oppdrag for Kristiansand Havn KF, nylig utført geotekniske grunnundersøkelser på sjøen for å få informasjon om grunnforholdene i området som skal innvinnes som nytt landareal. Det foreligger også resultater fra tidligere undersøkelser i nærområdet. Resultatene av undersøkelsene er presentert i geoteknisk datarapport nr. 313640-RIG-RAP-003_rev00 datert 26.08.16.

Denne rapporten omhandler resultatene av geotekniske beregninger og vurderinger mht. stabilitet, setninger og fundamentering for den planlagte utvidelsen.

Resultatene av beregningene og vurderingene utført ved Hampa viser at dagens situasjon har tilfredsstillende stabilitet. Videre viser resultatene at ønsket utfylling i dette området kan gjennomføres, men betinger at det i forkant etableres en motfylling samt at det må installeres en relativ dyp og forankret spuntvegg. Videre må det under utfyllingsarbeidene tas tilbørlig hensyn til oppbygging av poretrykk og at det kan bli nødvendig med konsolideringspauser. Utfyllingen vil stedvis kunne medføre store setninger som vil pågå i ca. 3 år etter endt utfylling.

Utvidelsen av kaidekket forutsettes i utgangspunktet utført på utstøpte stålrørspeler som rammes til tilstrekkelig bæreevne i massene av leire/kvikkleire (frikksjonspeler). Det må i fremdriftsplanene tas hensyn til poretrykkoppbyggingen under pelerammingen som vil medføre en midlertidig svekkelse av bæreevnen til pelene, samt midlertidig svekkelse av stabilitetsforholdene. Det anbefales prøvepeling med for eksempel dynamisk prøvebelastning.

Siden det er registrert kvikkleire i de utførte undersøkelsene så må det foretas en faresonekartlegging iht. retningslinjer og tilhørende teknisk veileder utarbeidet av NVE.

Det forutsettes at samtlige tiltak (utfylling og fundamentering) gjennomgår en detaljert geoteknisk prosjektering.

00	12.01.2017	Utarbeidet	jaa	ses	jaa
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Topografi og grunnforhold	5
3	Geotekniske beregninger og vurderinger - Stabilitet og fundamentering	6
3.1	Beskrivelse av planer	6
3.2	Partial-/Materialkoeffisient	6
3.3	Stabilitetsberegninger.....	7
3.3.1	Kritisk beregningsprofil	7
3.3.2	Laster	7
3.3.3	Jordparametere	8
3.3.4	Beregningsresultater og -konklusjoner	12
3.4	Setninger.....	14
3.5	Fundamentering	15
4	Sluttkommentar	16

313640-RIG-TEG -201	Borplan
-240.6 tom. -240.9	Trykksoneering CPTu v/50
-241.6 tom. -241.9	Trykksoneering CPTu v/52
-242.6 tom. -242.9	Trykksoneering CPTu v/53
-506	Lengdeprofil 1-1
-507 tom. -509	Tverrprofil A-A tom. C-C

VEDLEGG

- A Treksialforsøk PR. v/52 - Tolking av friksjonsparametere
 B Utskrifter fra stabilitetsberegninger; Beregningsprofil A-A - Planlagt utfylling i Hampa (M = 1:400 i A3)
 C Utskrifter fra stabilitetsberegninger; Beregningsprofil B-B - Planlagt pelefundamentert kai (M = 1:500 i A3)

REFERANSER

- /1/ Multiconsult; Rapport nr. 313640-RIG-RAP-001 av 15.03.2016
 /2/ Multiconsult; Rapport nr. 313640-RIG-RAP-003 av 26.08.2016
 /3/ Norsk Standard, NS-EN 1997-1:2004+NA:2008, Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler
 /4/ Statens vegvesen; Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging, datert juni 2010
 /5/ NVE/Jernbaneverket/Statens vegvesen; NIFS rapport 14-2014 datert 30.01.14
 /6/ GS Stability, versjon 5.0.7. Novapoint GeoSuite Toolbox. Versjon 4.4.027, Installasjon 2.0.30
 /7/ Norsk Geoteknisk Forening - Den Norske Pelekomite; Peleveiledningen 2012
 /8/ NVE; Retningslinjer 2/2011 - "Flaum- og skredfare i arealplaner" og tilhørende tekniske veileder "Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper" (NVE-veileder 7/2014)

1 Innledning

Det planlegges en omlegging av traseen for E39 der denne passerer fergeterminalen i Kristiansand. Den nye traseen vil bli liggende nærmere sjøen enn dagens trase, og vil derfor kreve endel arealer fra det som i dag benyttes som fergeterminal og biloppstillingsplass. For å opprettholde sine arealer ønsker Kristiansand Havn å innvinne nye havnearealer dels ved å foreta utfylling i sjøen og dels ved å etablere en pelefundamentert kai. I forbindelse med disse planene har Multiconsult, på oppdrag for Kristiansand Havn KF, nylig utført geotekniske grunnundersøkelser på sjøen for å få informasjon om grunnforholdene i områdene der arealene planlegges innvunnet. Resultatene av grunnundersøkelsene er presentert i geoteknisk datarapport nr. 313640-RIG-RAP-001_rev00 datert 15.03.2016 (/1/) sammen med aktuelle resultater fra geotekniske grunnundersøkelser utført i/nær det aktuelle området ved tidligere anledninger.

I forbindelse med ovennevnte planer ønskes det også en omlegging/utvidelse av dagens kai ved Hampa/Smiths lager samt etablering av nytt ferjeleie her, og i den forbindelse er det også her utført geotekniske grunnundersøkelser for å få mer informasjon mht. grunnens beskaffenhet. Resultatene av disse grunnundersøkelsene er presentert i geoteknisk datarapport nr. 313640-RIG-RAP-003_rev00 datert 26.08.2016 (/2/) sammen med aktuelle resultater fra geotekniske grunnundersøkelser utført i/nær det aktuelle området ved tidligere anledninger.

Foreliggende rapport presenterer resultatene av orienterende geotekniske beregninger og vurderinger for prosjektet mht. stabilitet og fundamentering.

2 Topografi og grunnforhold

Det undersøkte området strekker seg langs den planlagte kailinja, fra dagens kai ved Hampa i vest til ca. 40 m sydøst for den østre gavlveggen av Smiths Lager. I tillegg er det foretatt undersøkelser ved planlagt dykdalb beliggende ca. 40 m syd for den planlagte kailinja. Dybdekartlegging av sjøbunnen er foretatt av Parker Maritime AS tidlig i 2015, og på bakgrunn av disse resultatene er det foretatt opptegning av bunnkotekart, slik det fremgår av borplanen, tegn. nr. -201. Dybdekartleggingen viser at sjøbunnen utenfor dagens kailinje stort sett ligger med nivå på kote -7, og avtar med helning stort sett mellom inntil ca. 1:2 og 1:3 ned til mellom ca. kote -10 og -15. Videre utover faller sjøbunnen slakt, inntil mellom ca. 1:10 og 1:20, ned til djupåra i sjøen som i dette området ligger med nivå på ca. kote -20.

Innenfor området som skal innvines er samtlige totalsonderinger stort sett avsluttet i løsmasser i dybder varierende mellom ca. 32,5 og 74,5 m under sjøbunnen uten at fjelloverflate er påtruffet. Unntakene er sonderingene v/pkt. nr. 50 og 52 som er avsluttet på/i antatt fjell i hhv. ca. 71 m og 57 m dybde under sjøbunnen. Her var det imidlertid ikke mulig med innboring i fjell for sikker fjellpåvisning pga. stor friksjon i massene, slik det er stor usikkerhet hvorvidt det er påtruffet fjell eller fast grus/morene.

Sonderingsresultatene indikerer at grunnen i hovedsak består av et sandig, dels gytjig, topplag av varierende mektighet, etterfulgt av bløte masser av leire/kvikkleire. Derunder er det registrert et fastere lag av sand og silt, dels med innskutte lag av leire/kvikkleire, etterfulgt av relativt faste masser av leire til store dybder. Enkelte av sonderingene er avsluttet i meget faste masser av antatt sand/grus/morene, samt at sonderingene v/pkt. nr. 50 og 52 muligens er avsluttet på/i antatt fjell, som nevnt over.

Sjøbunnstopografien og plasseringen av undersøkelsespunktene fremgår av borplanen, tegn. nr. 313640-RIG-TEG-201.

For ytterligere detaljer vedr. resultatene av de utførte grunnundersøkelsene vises det til ovennevnte datarapport (/2/).

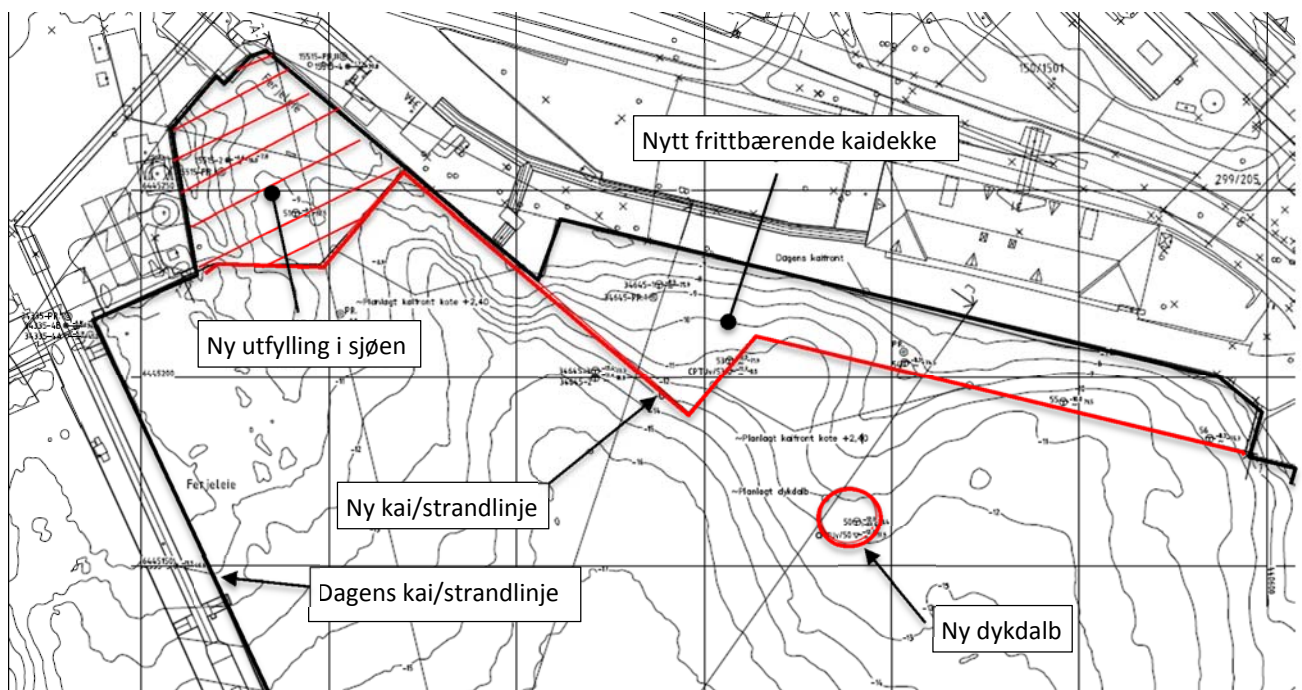
3 Geotekniske beregninger og vurderinger - Stabilitet og fundamentering

3.1 Beskrivelse av planer

Planlagt prosjekt er skissert på utsnitt av borplanen vist på Figur 3-1 og omfatter i grove trekk følgende:

I indre del ved Hampa planlegges det innvinning av nye landarealer på ca. 2400 m² ved utfylling i sjøen. Fyllingsfronten avsluttes med en spuntvegg. Videre mot øst-sydøst planlegges det innvinning av nye landarealer på totalt ca. 4200 m² ved å etablere et frittstående kaidekke på kote +2,4 ut til en avstand av inntil ca. 43 m utenfor dagens strandlinje. Kaia tenkes fundamentert på stålrørspeler.

Det er foretatt orienterende geotekniske beregninger og vurderinger mht. stabilitet og setninger for den planlagte utfyllingen og fundamenteringen av det frittstående kaidekket. I forbindelse med beregningene og vurderingene er det hensyntatt informasjon fra tidligere oppdrag i nærområdet og tiltak iverksatt for disse.



Figur 3-1 Utsnitt av borplanen, tegn. nr. -201 (/2/) påført planlagt prosjekt

3.2 Partial-/Materialkoeffisient

Krav til partial-/materialkoeffisient ("sikkerhetsfaktor") γ_m er nedfelt i Eurokode (/3/). For udrernt skjærfasthet og enaksial fasthet er kravet til γ_m minimum lik 1,4, mens det for friksjonsvinkel og drenert kohesjon er et krav til γ_m minimum lik 1,25. Siden det er påtruffet grunnforhold bestående av sprøbruddmasser/kvikkleire, er det for disse massene benyttet en partial-/materialkoeffisient γ_m lik 1,4 også for friksjonsvinkel/drenert kohesjon.

3.3 Stabilitetsberegninger

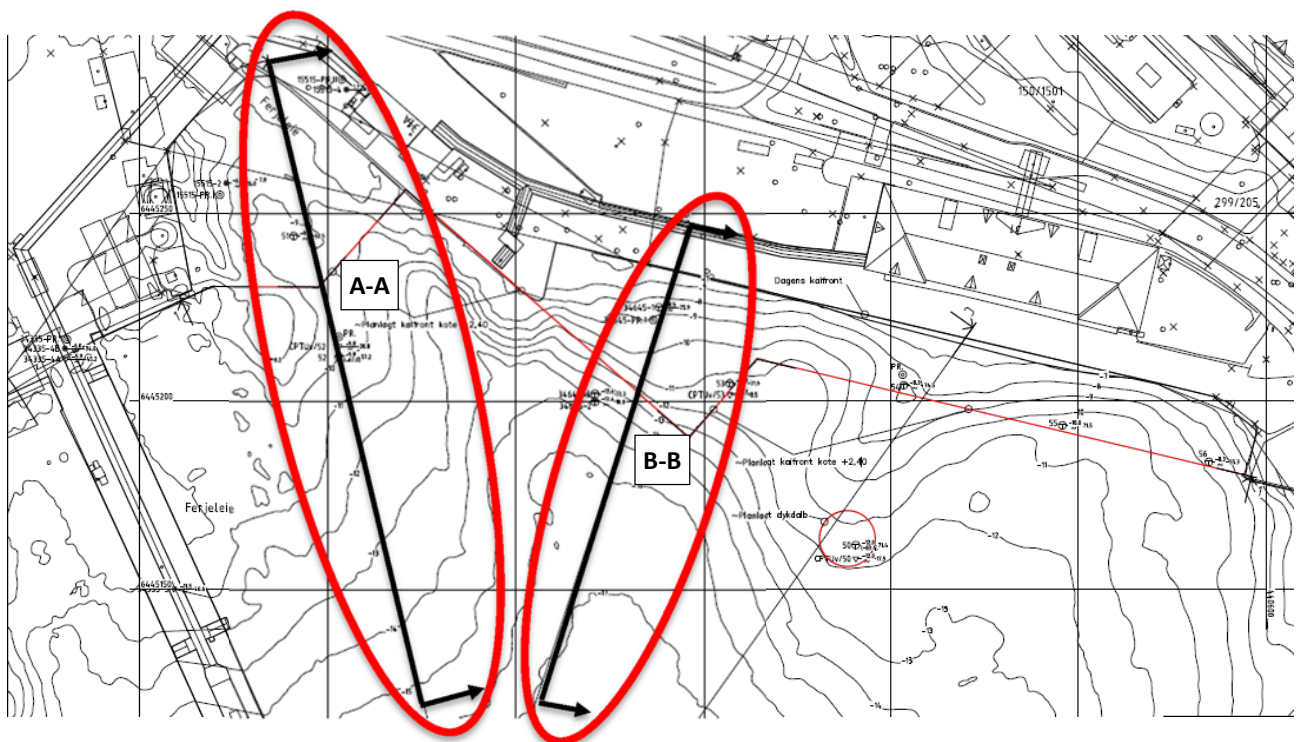
Det er foretatt stabilitetsberegninger for den planlagte utfyllingen innerst ved Hampa i nordvest, samt sentralt ved den planlagte pelefundamenterte kaia.

3.3.1 Kritisk beregningsprofil

For å kontrollere stabiliteten av den planlagte utfyllingen i Hampa er tverrprofil A-A (/2/) ansett som det mest kritiske profilet basert på utstrekning og mektighet av den planlagte utfyllingen samt sjøbunnsstopografien, dvs. der sjøbunnen ligger med brattest helning (målt til gjennomsnittlig ca. 1:4). Med en opparbeidet fyllingsoverflate på ca. kote +2,4 vil fyllingen i dette profilet på det meste bli 12,5 m høy ifht. dagens sjøbunnsnivå.

For å kontrollere stabiliteten av dagens sjøbunn i området for den pelefundamenterte kaia er tverrprofil B-B (/2/) ansett som det mest kritiske profilet basert på sjøbunnsstopografien, dvs. der sjøbunnen ligger med brattest helning (målt til opptil ca. 1:3). Det påpekes at det er et lite område like vest for dette profilet der sjøbunnen ligger noe brattere (målt til opptil ca. 1:2 fra kote -9 til -14), men dette anses for å være et veldig lokalt område, og videre ligger sjøbunnen utenfor dette området langt slakere enn ved det valgte profil B-B.

Utsnitt av borplanen påført plasseringen av beregningsnittene fremgår av Figur 3-2 nedenfor.



Figur 3-2 Utsnitt av borplanen, tegn. nr. 313640-RIG-TEG-201 (/2/) påført plassering av beregningsnitt

3.3.2 Laster

For å hensynta trafikklast på oppfylt grunn benyttes det iht. opplysninger mottatt fra havnevesenet en karakteristisk terrenglast $p_{k,trafikk}$ lik 20 kN/m^2 ($2,0 \text{ t/m}^2$). Med en lastfaktor γ_L lik 1,3, resulterer dette i en dimensjonerende terrengbelastning $p_{d,trafikk}$ lik 26 kN/m^2 . Dette er noe høyere enn det som er angitt i Statens vegvesen håndbok V220 (/4/) vedr. generell trafikklast ved stabilitetsberegninger (10 kN/m^2).

3.3.3 Jordparametere

Tolking av parametere er utført på basis av resultatene av laboratorieanalyser på opptatte 54 mm prøvesylindre og utførte trykksonderinger.

Vannstand/grunnvannstand

Vannstanden/grunnvannstanden antas for beregningene å ligge på kote -0,6 iht. NN2000 og med hydrostatisk trykkfordeling med dybden.

Rutinedata

Vanninnholdet varierer mellom ca. 35 og 65 % i silt- og leire/kvikkleiremassene, og er generelt lavest i den sandige, leirige silten. Densiteten er i området 1,65 - 1,91 g/cm³.

Konsistensgrenser

Analyse av flyte- og utrullingsgrense (grenseverdier) til massene av silt/leire viser at disse har en plastisitetsindeks I_p mellom 14 og 20 %, tilsvarende middels plastisitet. Gjennomsnittlig plastisitetsindeks er anslått til ca. 16 %.

Konsolideringsforhold

Det er utført ødometerforsøk på totalt 6 prøver. Tabell 3-1 nedenfor gir en oversikt over resultatene samt vår tolkning mht. forkonsolideringsforhold og setningsparametere. I tabellen har vi også inkludert aktuelle resultater med tolkning av 4 ødometerforsøk fra undersøkelser utført i området i 1993.

Tabell 3-1 Oversikt over utførte ødometerforsøk (CRS)

Prøve	Dybde	Kote	σ_{v0}' [kPa]	Ødometerforsøk				
				σ_c' [kPa]	OCR	NC/OC	M [Mpa]	m*
NOTEBY oppdr. nr. 34335 PR. 1, kt. -6,2 (1993)	13,4	-19,6	112	130	1,16	OC	3,0	10
	24,2	-30,4	190	250	1,32	OC	4,5	10
NOTEBY oppdr. nr. 34335 PR. 2, kt. -16,7 (1993)	5,9	-22,6	48	75	1,56	OC	2,5	11
	17,3	-34,0	120	240	2,0	OC	5,0	10
Multiconsult oppdr. nr. 313640 PR. v/52, kt. -9,8 (2016)	4,32	-14,12	31,97	-	-	NC	-	21
	6,38	-16,18	51,04	51	1	NC	-	18
	8,52	-18,32	66,46	90	1,35	OC	4,0	14
	16,55	-26,35	ca. 140	160	1,14	OC	4,0	10
Multiconsult oppdr. nr. 313640 PR. v/54, kt. -8,3 (2016)	7,55	-15,85	56,63	90	1,59	OC	3,5	30
	11,56	-19,86	86,70	140	1,61	OC	2,5	30

*) Tolking basert på $Pr' = 0$

Som det fremgår av resultatene av Tabell 3-1, så er massene av leire/kvikkleire stort sett vurdert til å være normalkonsolidert til svakt overkonsolidert.

Leira er videre vurdert til å være relativt kompressibel både innenfor forkonsolideringsområdet og det normalkonsoliderte området.

Skjærfasthet

Rutineundersøkelser

Konus- og enaksiale trykkforsøk viser at leiremassene har en udrenert skjærfasthet s_u i området 10 til 35 kN/m², tilsvarende lav til middels skjærfasthet. Måling av omrørt skjærfasthet tilsier at disse massene stedvis er kvikke/innehar sprøbruddsegenskaper.

Treaksialforsøk

Det er utført treaksialforsøk på totalt 5 prøver, og samtlige forsøk er utført som anisotrop konsolidert, udrenert aktivt forsøk (CAUa). I tillegg foreligger det resultater fra tidligere utførte treaksialforsøk. Tabell 3-2 på neste side gir en oversikt over resultatene samt tolkning av aktiv skjærfasthet, s_{uA} .

Trykksondering, CPTu

Det er foretatt tolkning av aktiv skjærfasthet s_{uA} basert på trykksonderinger utført i 3 pkt., (CPTu v/50, v/52 og v/53). Resultatene er påført diagrammer for trykksonderingene, og disse fremgår av:

- tegn. nr. -240.6 tom. 240.8 (CPTu v/50)
- tegn. nr. -241.6 tom. 241.8 (CPTu v/52)
- tegn. nr. -242.6 tom. 242.8 (CPTu v/53)

Resultatene av laboratorieforsøk utført på nærliggende prøveserier er påført diagrammene.

Konklusjon - aktiv skjærfasthet

Med bakgrunn i resultatene av tolkede ødometer- og treaksialforsøk samt utførte trykksonderinger tas det utgangspunkt i følgende mht. aktive skjærfasthet, s_{uA} som en funksjon av dybde z under terreng/sjøbunn:

<u>z (m)</u>	<u>s_{uA} (kN/m²)</u>
0	20
6	20
30	80

Tabell 3-2 Oversikt over utførte treaksialforsøk (CAUa)

Prøve	Dybde	Kote	σ_{v0}' [kPa]	Konsolideringsdata			Vurdert v/ 0,5% tøyning	S_{UA}/σ_{ac}' (S_{UA}/σ_{v0}')
				σ_{ac}' [kPa]	Lateral spenning	σ_{rc}' [kPa]		
NOTEBY oppdr. nr. 15515 PR. II, kt. +1,7 (1981)	11,65 (sand)	-9,95	ca. 134	161	73	0,45	72	0,45 (0,54)
	16,7 (silt, sandig)	-15	ca. 184	180	82	0,46	79	0,44 (0,43)
	18,9	-17,2	ca. 206	230	119	0,52	80	0,35 (0,39)
	22,9	-21,2	ca. 246	301	165	0,55	93	0,31 (0,38)
NOTEBY oppdr. nr. 34335 PR. 1, kt. -6,2 (1993)	11,1	-17,3	100	99,6	49,8	0,50	36	0,36 (0,36)
	20,9	-27,1	175	175	87,2	0,50	59	0,34 (0,34)
NOTEBY oppdr. nr. 34335 PR. 2, kt. -16,7 (1993)	10,3	-27,0	85	84,7	42,4	0,5	31	0,37 (0,36)
	23,7	-40,4	185	184	92,3	0,50	64	0,35 (0,35)
NOTEBY oppdr. nr. 34645 PR. 1, kt. -8,5 (1999)	15,05	-23,55	120	117	64,35	0,55	41	0,35 (0,34)
	17,95	-26,45	140	138	75,9	0,55	45	0,33 (0,32)
	34,75 (sand)	-43,25	294	295	162,25	0,55	350	1,19 (1,19)
Multiconsult oppdr. nr. 313640 PR. v/52, kt. -9,8 (2016)	4,25	-14,05	ca. 31,5	29,73	23,54	0,79	10	0,34 (0,32)
	6,38 ^{*)}	-16,18	ca. 51,0	38,42	23,13	0,60	16	0,42 (0,31)
	8,6	-18,4	ca. 67,1	67,83	53,68	0,79	26	0,38 (0,39)
	16,4	-26,2	ca. 139	146,26	101,14	0,69	46	0,31 (0,33)
*) Prøvene ble ikke konsolidert til fullt effektivt overlagingstrykk. Det må derfor påregnes at insitu skjærfasthet er noe høyere enn det resultatene viser for aktuell prøve								
Multiconsult oppdr. nr. 313640 PR. v/54, kt. -8,3 (2016)	7,30 ^{**)}	-15,6	Ca. 54,8	67,84	46,53	0,69	26	0,38 (0,47)
**) Prøvene ble konsolidert til et noe høyere spenningsnivå enn med insitu effektivt overlagingstrykk. Det må derfor påregnes at insitu skjærfasthet er noe lavere enn det resultatene viser for aktuell prøve								

Resultater merket med **gult** i Tabell 3-2 er fra forsøk utført på prøver av sand/silt og er ikke vektlagt i vurderingene/beregningene.

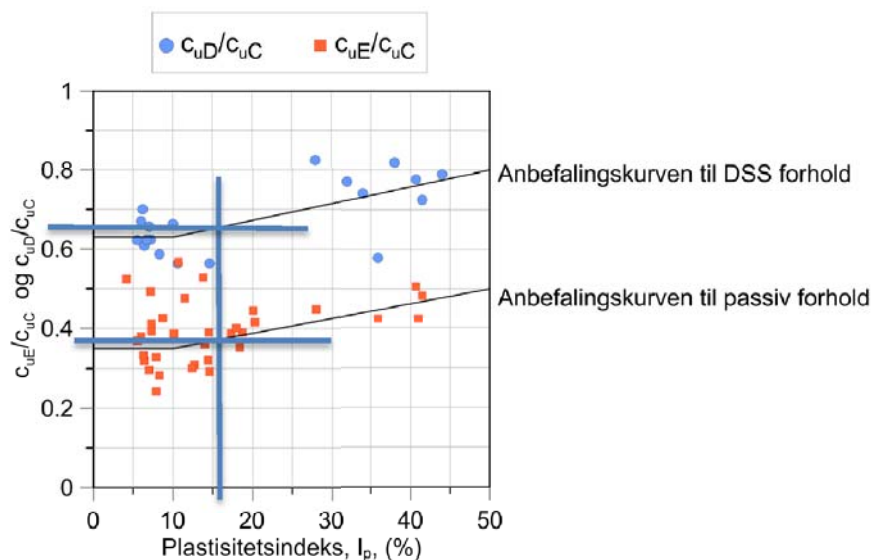
Styrkeparametre benyttet i beregninger – Anisotropi

Beregninger er utført på totalspenningsbasis (s_u -analyse med anisotropifaktorer - ADP-analyse) og på effektivspenningsbasis ($a\phi$ -analyse).

For bestemmelse av direkte og passiv skjærfasthet er det valgt å benytte erfaringsbaserte forhold mellom plastisitetsindeks (I_p) og skjærfastheten fra aktive, direkte og passive treaksialforsøk (s_{uA} , $s_{uD} \approx s_u$ og s_{uP}), jfr. NIFS rapport 2014 utarbeidet av NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen (/5/). Basert på en gjennomsnittlig plastisitetsindeks $I_p = 16\%$ er det dermed benyttet følgende forholdstall mellom direkte og aktiv skjærfasthet, og mellom passiv og aktiv skjærfasthet, jfr. Figur 3-3 nedenfor (Figur 4 i ovennevnte NIFS rapport):

$$s_{uD} / s_{uA} = 0,66$$

$$s_{uP} / s_{uA} = 0,37$$



Figur 4: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP – faktorer).

Figur 3-3 Anisotropifaktorer (/5/)

Mht. karakteristisk friksjonsvinkel (ϕ_k) er det benyttet erfaringsverdier for steinfylling utlagt under vann ($\phi_k = 42^\circ$), mens det for naturlige masser av leire/kvikkleire er benyttet tolkede verdier fra resultater av utførte treaksialforsøk (vedlegg A) og trykksonderinger (jfr. tegn. nr. -240.9, -241.9 og -242.9).

Det er videre valgt å benytte dimensjonerende verdier for friksjonsvinkel og skjærfasthet i beregningene, dvs. at de karakteristiske verdiene beskrevet over er redusert med partial-/materialkoeffisient beskrevet i kap. 3.2.

Jordparametere som er benyttet i forbindelse med stabilitetsberegninger er sammenstilt i Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Jordparametere

Lag	Friksjonsvinkel		Attraksjon a	Aktiv udrenert skjærfasthet s_{uA}	
	Karakteristisk ϕ_k	Dimensjonerende ϕ_d		Karakteristisk	Dimensjonerende
1 - Steinfylling	42°	35,8°	0	-	-
2 - Sand	35°	29,3	0	-	-
3 - Leire/kvikkleire	25,0°	18,4°	5 kPa	s_{uA} -profil	s_{uA} -profil/1,4
4 - Sand/grus/morene	38,0°	32°	0	-	-

Grunnvannstanden og vannstanden i sjøen er forutsatt på kote -0,5 iht. NN54, dvs. kote -0,6 iht. NN2000, som er den lavest registrerte vannstanden.

3.3.4 Beregningsresultater og -konklusjoner

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stability (ref. /6/). Programmet er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet kan selv søke etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate (SG) for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater (EG) i programmet.

Stabilitetsberegninger er som nevnt over foretatt ved udrenert analyse med anisotropifaktorer (ADP) og drenert analyse ($a\phi$). Partial-/materialfaktor ("sikkerhetsfaktor") er allerede hensyntatt siden det i beregningene er benyttet dimensjonerende styrkeparametre. Stabilitetsberegningene resulterer dermed i en Beregningsfaktor F, der minstekrav er $F \geq 1,0$. Resultatene av beregningene fremgår av Tabell 3-4 på neste side, og er også vist i vedleggene A og C.

Tabell 3-4 Stabilitetsberegninger og resultater

Beregningsnr. og -metode	Beregningsfaktor, F	Kommentarer
Beregningsprofil A-A - Planlagt utfylling i Hampa		
1 - Udrenert analyse (ADP)	0,93	Dagens situasjon - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
2 - Udrenert analyse (ADP)	0,48	Planlagt utfylling - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
3 - Udrenert analyse (ADP)	0,48	Som nr. 2 og spunt ned til kote -25 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
4 - Udrenert analyse (ADP)	0,55	Som nr. 2 og spunt ned til kote -30 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
5 - Udrenert analyse (ADP)	1,02	Som nr. 4 og konsolidert til ekstra 40 kPa- Global glideflate i leire/kvikkleire (SG). NB ikke helt realistisk for massene på utsiden av spunten
6 - Udrenert analyse (ADP)	1,06	Som nr. 5 men med 20 m bred motfylling på kote -7 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
7 - Udrenert analyse (ADP)	1,23	Som nr. 5 men med 40 m bred motfylling på kote -7 - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
8 - Drenert analyse (a ϕ)	1,73	Dagens situasjon - global glideflate i leira/kvikkleire (SG)
9 - Drenert analyse (a ϕ)	1,99	Som 7 - global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
Beregningsprofil B-B - Planlagt pelefundamentert kai		
1 - Udrenert analyse (ADP)	1,00	Dagens situasjon - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)
2 - Drenert analyse (a ϕ)	1,16	Dagens situasjon - Lokal glideflate i sand (SG)
3 - Drenert analyse (a ϕ)	1,68	Dagens situasjon - Global glideflate i leire/kvikkleire (SG)

Basert på de utførte beregningene er følgende vurderinger foretatt:

Beregningsprofil A-A - Planlagt utfylling i Hampa

Som det fremgår av resultatene, så viser disse at beregningsmessig stabilitet i utgangspunktet ikke er tilfredsstillende for dagens situasjon mht. udrenert analyse (ADP). Imidlertid vurderes stabiliteten likevel til å være tilfredsstillende siden det aktuelle profilet har en meget begrenset utstrekning og det vil således være en del stabiliserende forhold som ikke er ivaretatt i beregningene, i hovedsak 3-dimensjonale effekter langs sideflatene av beregnet glideflate som vurderes til å heve stabiliteten opp til tilfredsstillende nivå. Drenert analyse viser at stabiliteten i dagens situasjon er tilfredsstillende.

Det konkluderes dermed at stabiliteten er tilfredsstillende for dagens situasjon.

Mht. videre utfylling så viser udrenert analyse at det i forkant må iverksettes stabiliserende tiltak:

- Utlegging av en stabiliserende motfylling. Det er i beregningene tatt utgangspunkt i motfylling etablert på kote -7,5. Hvorvidt dette nivået vil komme i konflikt med skipsanløp er det ikke tatt stilling til. Motfyllingen anbefales lagt ut med en bredde på 40 m regnet fra planlagt spuntlinje.

Hvorvidt det må legges inn konsolideringspauser er avhengig av fremdriften av fyllingsarbeidene. I utgangspunktet viser drenert analyse god stabilitet, men det anbefales at det i forkant av

utfyllingsarbeidene settes ned elektriske poretrykksmålere for å kunne vurdere poretrykkoppbyggingen under arbeidene, samt evt. tidspunkt for konsolideringspauser og etterfølgende oppstart av arbeidene. Disse målerne vil også gi informasjon som kan benyttes i forbindelse med vurderinger av setninger mht. størrelse og tidsforløp.

Ved å benytte lette masser i den øvre delen av den planlagte utfyllingen så kan dette redusere behovet for motfylling.

- Den planlagte utfyllingen ønskes avsluttet mot sjøen med en forankret spuntvegg. Rammedybden for spunten er avhengig av den valgte geometrien for motfyllingen, men det kan tas utgangspunkt i en spuntfot på kote -30.

Hvis motfylling ikke kan aksepteres må den planlagte kaia påregnes pelefundamentert.

Resultatene av stabilitetsberegningene er presentert i vedlegg B.

Beregningsprofil B-B - Pelefundamentert kai

Som det fremgår av resultatene, så viser både udrenert og drenert analyse at dette området i dag har tilfredsstillende sikkerhet. For å sikre at den planlagte pelefundamenterte kaien vil ha tilfredsstillende stabilitet i byggefasen, må det i forkant installeres elektriske poretrykksmålere for å kontrollere at evt. oppbygging av poretrykket som følge av pelearbeidene ikke reduserer stabiliteten til kritisk nivå.

Resultatene av stabilitetsberegningene er presentert i vedlegg C.

3.4 Setninger

Det er foretatt orienterende overslag mht. setninger for den planlagte utfyllingen ved Hampa. For beregningene er det forutsatt følgende:

- Setningsmodul, $M = 4000 \text{ kN/m}^2$, dvs. er antatt overkonsolidert leire, som er en grov tilnærming
- Beliggenhet av sjøbunn gjennomsnittlig kote -8,5

Nivå ny fylling, kote +2,4, dvs. ny fyllingstykkelse 10,9 m, hvorav 2,4 m er over vannstanden

Pålastning tilsvarende $2,4 \text{ m} * 20 \text{ kN/m}^3 + 8,5 \text{ m} * 12 \text{ kN/m}^3 = 150 \text{ kN/m}^2$, og redusert til 60 % som følge av spenningsfordeling, dvs. $\Delta p = 90 \text{ kN/m}^2$

- Setningsgivende masser av leire:

Tykkelse, $H = 30 \text{ m}$

Drensforhold: Dreneringsavstand lik 10 m

Tosidig drenering, $H = 10/2 = 5 \text{ m}$

Konsolideringskoeffisient, $c_v = 8 \text{ m}^2/\text{år}$

Setning, s er dermed beregnet som

$$s = \frac{\Delta p}{M} H = \frac{90}{4000} 30 = 0,7 \text{ m}$$

Tidspunkt for 100% konsolidering t_p er beregnet som

$$t_p = \frac{H^2}{c_v} = \frac{5^2}{8} = 3\text{år}$$

Det bemerkes at setningsberegninger er heftet med stor usikkerhet både mht. størrelse og tidsforløp. Faktorer som påvirker størrelse og hastighet er følgende:

- Tykkelse av setningsgivende lag
- Innskutte lag med høyere permeabilitet
- Mektighet av gammel fylling på sjøbunnen og ny fylling

Ved utfylling på sjøen, med evt. innlagte pauser for konsolidering og tilhørende opptredende setninger, så blir usikkerheten mht. setningsberegningene enda større. Konklusjonen er imidlertid at det må påregnes setninger på inntil ca. 1 m. En del av disse vil påløpe under utfyllingsarbeidene, og det forventes at disse vil pågå over en lengre tidsperiode, anslagsvis 3 år.

Det bemerkes at den ønskede oppfyllingen vil kunne medføre setninger også på evt. tilliggende bygg/konstruksjoner som er direktefundamentert på/i grunnen. For evt. nærliggende konstruksjoner/bygg som er pelefundamenterte vil den ønskede oppfyllingen kunne medføre påhengslaster og tilhørende svekkelse av pelenes bæreevne. Disse forholdene bør vurderes nærmere i forbindelse med detaljeringsfasen.

3.5 Fundamentering

Det er fra havnevesenet oppgitt en belastning lik 2,0 t/m² (20 kN/m²) for det planlagte kaidekket.

Som tidligere beskrevet er bergoverflaten ikke registrert i de fleste totalsonderingene, med unntak av boringene nr. 50 og 52 der en mulig bergoverflate er registrert i hhv. ca. 57 og 71 m dybde under sjøbunnen. Det bemerkes videre at sondering nr. 51 ble avsluttet i grunnere dybde under sjøbunnen (32,5 m) enn planlagt pga. krevende værforhold da undersøkelsene på utført. Det kan dermed ikke utelukkes at bergoverflaten i denne sonderingene ligger på tilsvarende nivå som i nr. 52, eller enda grunnere.

Med bakgrunn i de registrert grunnforholdene er det mest nærliggende å forutsette at den planlagte kaiutvidelsen blir fundamentert friksjonspeler som rammes til tilfredsstillende bæreevne i løsmassene. Pelene rammes med åpent tverrsnitt og støpes ut til en dybde nærmere bestemt i detaljprosjekteringen.

For innledende vurderinger kan det antas en dimensjonerende bæreevne på 800 kN for en utstøpt stålrørspel med diameter på 800 mm og med bæring hovedsakelig på friksjon i massene av leire/kvikkleire. Pelene installeres til ca. 45 m dybde under sjøbunnen.

Det kan ikke utelukkes at noen av pelene vil stoppe opp i grus/morene eller mot fjell i mindre dybde enn 45 m under sjøbunnen, dette gjelder spesielt lengst i vest (Hampa).

Det påpekes at det ikke foreligger detaljerte resultater vedr. grunnens jordparametere i ovennevnte peledybde, og vi har derfor måtte ekstrapolere resultatene av grunnundersøkelsene utført i grunnere dybder. Videre, så er den anslåtte bæreevnen en del lavere enn det som er benyttet for tidligere prosjekter i nærheten. Det er dermed nærliggende å anta at bæreevnen oppgitt over sannsynligvis er en del lavere enn det den reelt vil være. Det vil derfor være fordelaktig å utføre prøvepeling med for eksempel dynamisk prøvebelastning for å nærmere kunne dokumentere pelenes bæreevne. Dette må da utføres i god tid før oppstart av de generelle pelearbeidene slik at det er tilstrekkelig med tid til å evt. revidere fundament-/peleplan basert på resultatene av prøvepelingen. Videre må

det påregnes en del tid fra installasjon av prøvepelen(e) til oppstart av dynamisk prøvebelastning på disse. Dette for å sikre at mesteparten av poreovertrykket generert av peleininstallasjonen er utjevnet og bæreevnen til pelene gjenvunnet.

Som tidligere bemerket, så må det under pelerammingen foretas kontroll av poretrykksøkningen i leira i piezometere som installeres i forkant av pelearbeidene. Avhengig av poretrykksutviklingen kan det av stabilitetsmessige hensyn bli aktuelt med midlertidig stans av pelearbeidene og/eller fortsette pelingen på andre områder.

Det bemerkes at oppbyggingen av poretrykket som følge av pelerammingen også vil medføre en midlertidig svekkelse av bæreevnen til pelen. Bæreevnen vil øke med tiden etter hvert som poreovertrykket jevnes ut. Det påpekes at det er vanskelig å anslå denne tiden med særlig sikkerhet siden den er avhengig av blant annet følgende forhold:

- Evt. innskutte lag av permeable masser av silt/sand i leira som vil medvirke til raskere utjevning av poreovertrykket.
- Hvorvidt pelen plugges, og i så fall i hvilken dybde. For eksempel vil en pel som plugges i grunnere dybde medføre større oppbygging av poreovertrykket sammenlignet med en pel der plugging oppstår i større dybde.

Med bakgrunn i erfaringstall oppgitt i siste utgave av Peleveiledningen (/7/) så kan det tas utgangspunkt i at man har oppnådd ca. 90% av den dimensjonerende bæreevne etter ca. 1 år.

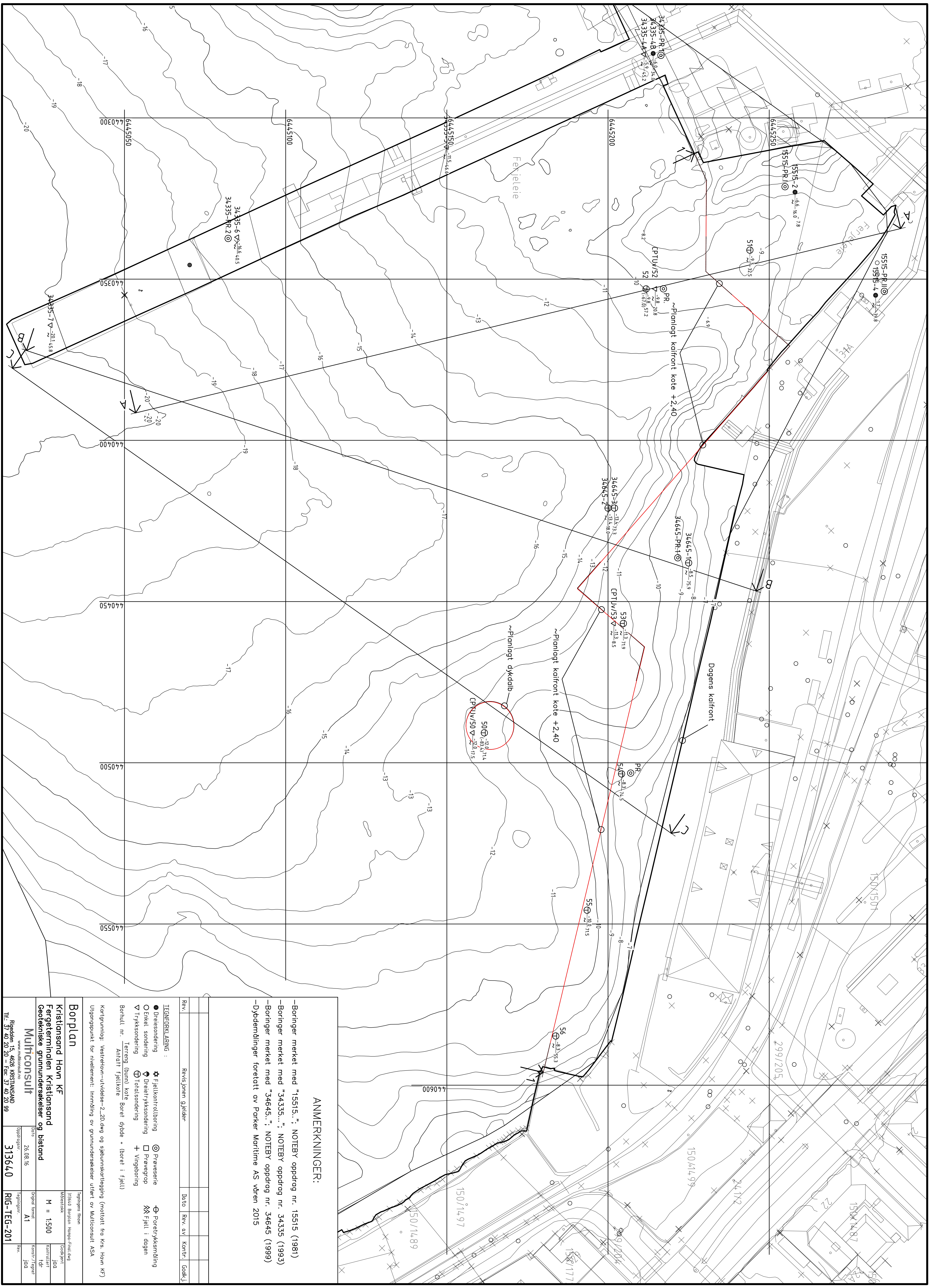
4 Sluttkommentar

Det påpekes at beregningene og vurderingene som er foretatt er av orienterende art. Det må blant annet foretas mer detaljerte beregninger mht. stabilitet og fundamentering der det tas hensyn til poretrykksoppbygging og innvirkning på stabilitet. En evt. motfylling utenfor planlagt spuntveggskai må vurderes nærmere, samt dimensjonering av spunt og tilhørende forankring.

Det må videre tas hensyn til at setninger i grunnen forårsaket av oppfylling vil kunne medføre skader på evt. nærliggende bygg og konstruksjoner samt påhengslaster på evt. eksisterende peler og spunt.

Det påpekes at det er registrert kvikkleire i de geotekniske grunnundersøkelsene. Prosjektet ligger således i en kvikkleiresone som mest sannsynlig strekker seg utenfor det aktuelle prosjektområdet. Iht. retningslinjer og tilhørende teknisk veileder utarbeidet av NVE vedr. utbygging i fareområder (/8/) vil det være påkrevd å foreta en faresonekartlegging, samt kontrollere at områdestabiliteten er tilfredsstillende for hele sonen. Det forutsettes at dette arbeidet er utført i forkant av den planlagte utbyggingen. Multiconsult er kjent med at det for tiden pågår slike arbeider i Kristiansand kommune i regi av NVE. Det kan således være fordelaktig at resultatene fra de geotekniske grunnundersøkelsene (/1/ og /2/) og tilhørende stabilitetsberegninger og -vurderinger (foreliggende rapport) oversendes NVE slik at dette kan innlemmes i dette arbeidet.

Det forutsettes at samtlige tiltak (utfylling og fundamentering) gjennomgår en detaljert geoteknisk prosjektering.



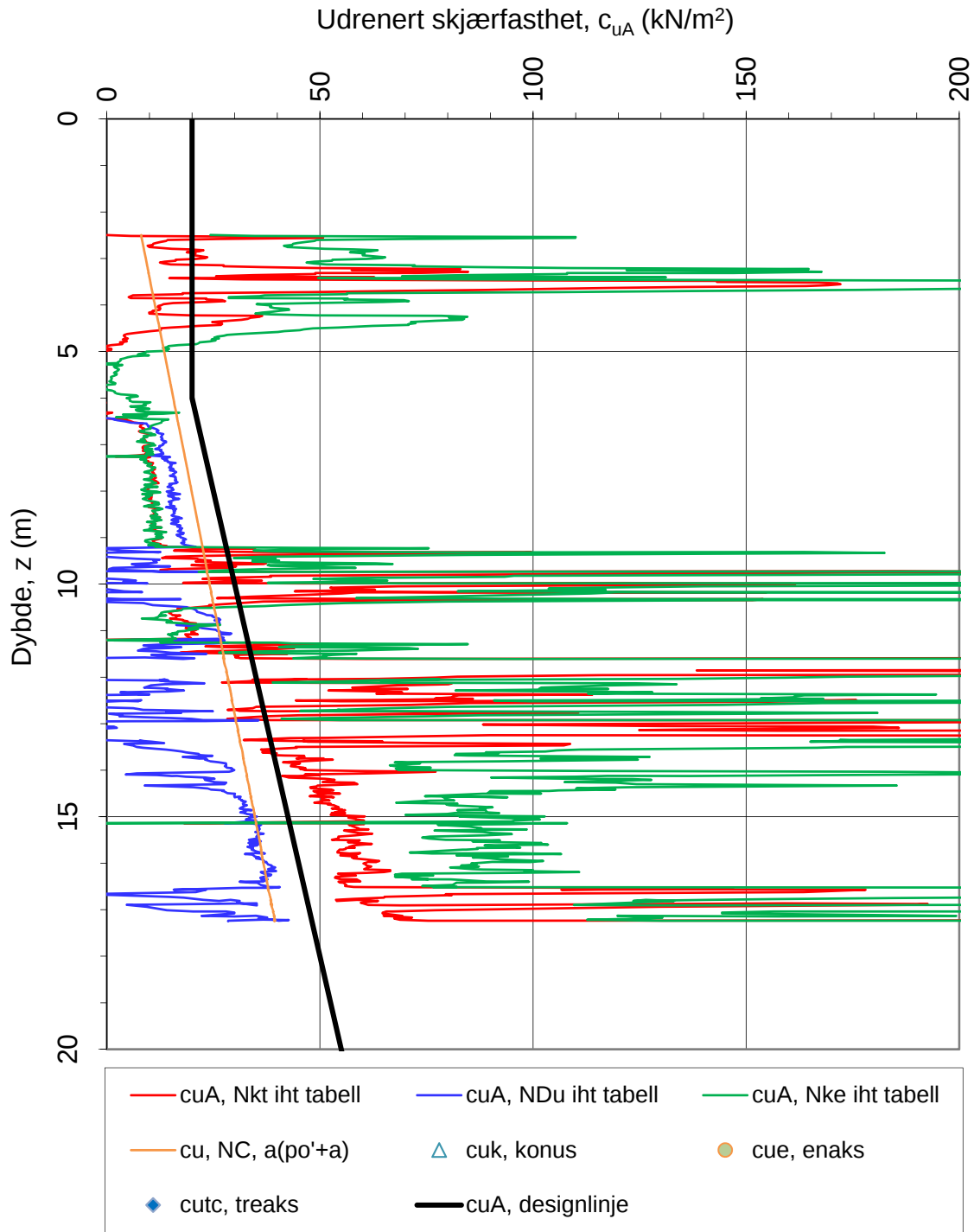
ANMERKNINGER:

- Boringer merket med "15515..."; NOTEBY oppdrag nr. 15515 (1981)
- Boringer merket med "34335..."; NOTEBY oppdrag nr. 34335 (1993)
- Boringer merket med "34645..."; NOTEBY oppdrag nr. 34645 (1999)
- Dykdemålinger foretatt av Parker Maritime AS våren 2015

- TEGNERKLARING :**
- Dreiesending Felldokumentasjon Prewisserie Poretrakkemling
 - Enkel sending Direktrykksending Prewegrop Fjell i dagen
 - ▽ Trykksending Totalsending Vingeboring Borett i fjell
 - Terreng (bunn) kote Boret dybde + (boret i fjell)
 - Borhull nr. Anlegg fjellkote

Kartgrunnlag: Vestrehorn-utvidelse-2-20.dwg og spørreundersøktleggning (mottatt fra Krs. Horn KF)
 Utgangspunkt for nivået: Innmåling av grunnundersøkelser utført av Multiconsult ASA

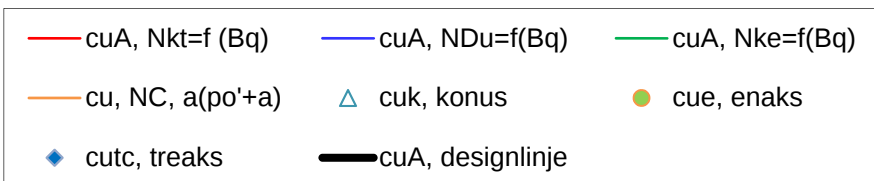
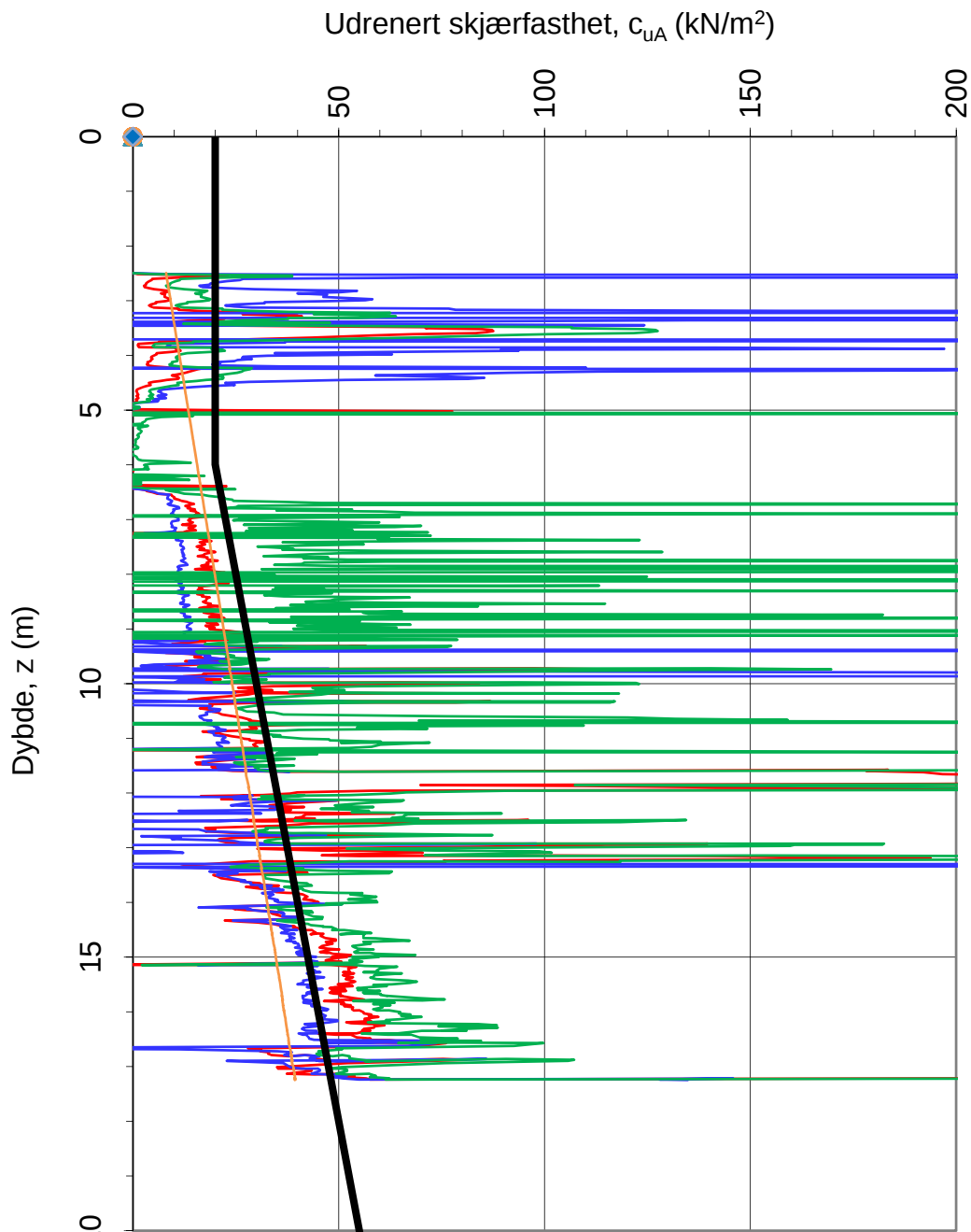
Borplan		Følgende stasjon	
Kristiansand Havn KF	313640	Borplan	Havn-Final.dwg
Fergeterminalen Kristiansand	M = 1:500	Wkstetok	ja
Geotekniske grunnundersøkelser og bistand	Dato 26.08.16	Original format	A1
Multiconsult	www.multiconsult.no	Dokument nr.	313640
Rogedalen 15, 4626 KRISTIANSD	313640	Revisjon nr.	RIG-TEG-201
Tlf.: 37 40 20 20 - Fax: 37 40 20 99			



α_c valgt: **0.27**

Forboret til 2,5 m dybde

Lag	Dybde uk laggrense, z (m)	N_{kt}	$N_{\Delta u}$	N_{ke}	Merknad
1	13.00	10	7	6	
2	31.00	7	10	2	
3	0.00	0	0	0	
Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand			Tegningens filnavn: CPTU v50_EXTRA_v5.07
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , valgte tolkningsfaktorer.					Multiconsult
CPTU id.:	CPTu v/50	Sonde:	4901		
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses	Godkjent: jaa	
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-240.6	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0	



$N_{kt} = (18,7-12,5 \cdot B_q)$
 $N_{Du} = (1,8+7,25 \cdot B_q)$
 $N_{ke} = (13,8-12,5 \cdot B_q)$

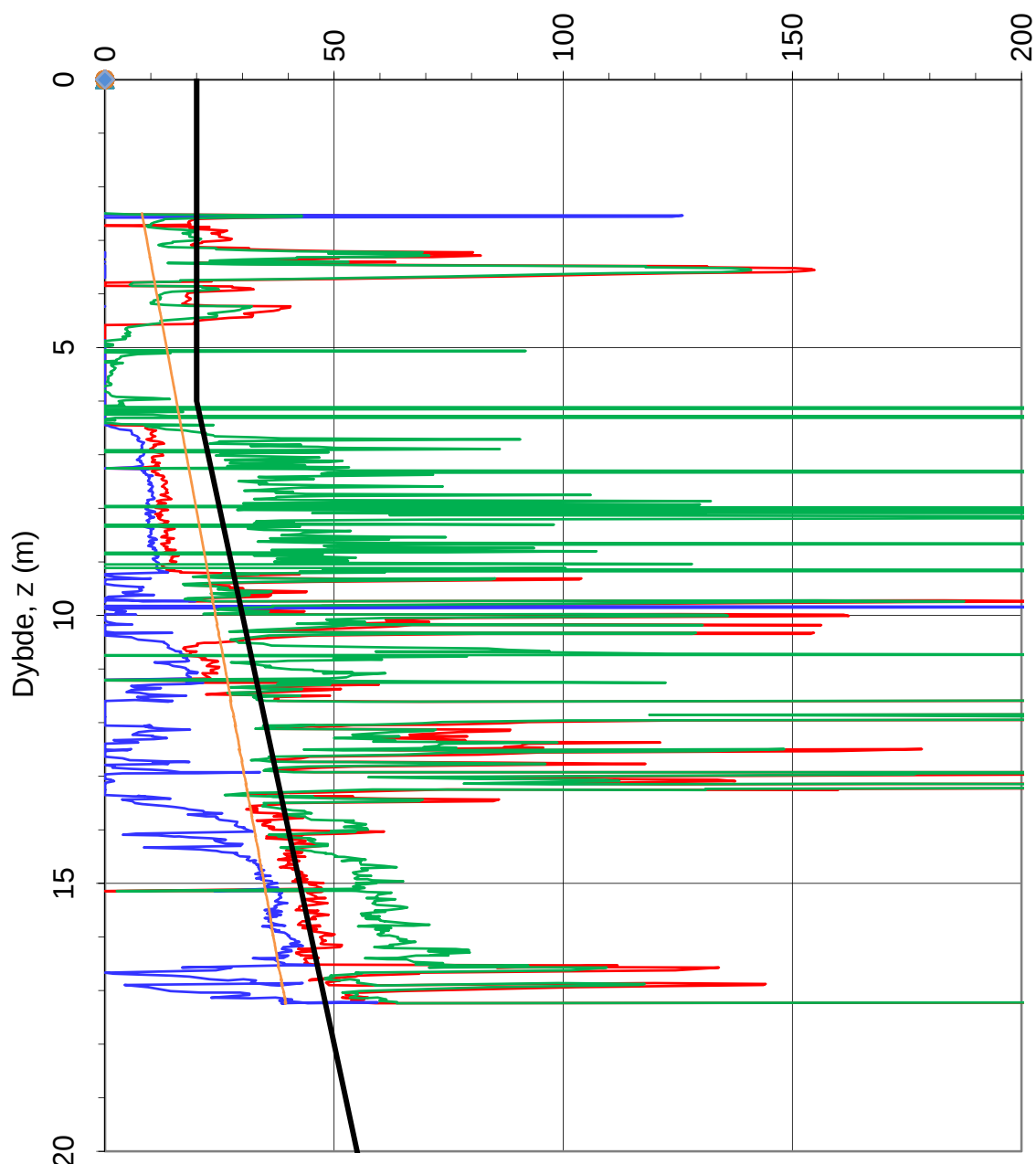
α_c valgt: **0.27**

Referansemetode: Karlsrud et al (1996)

Forboret til 2,5 m dybde

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v50_EXTRA_v5.07	
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q .					
CPTU id.:	CPTu v/50	Sonde:	4901	Multiconsult	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses		
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-240.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0	

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)



- c_{uA} , $N_{kt}=f(St,OCR,I_p)$
- c_{uA} , $N_{ke}=f(St,OCR,I_p)$
- c_{uA} , $N_{du}=f(St,OCR,I_p)$
- c_u , N_C , $a(p_o'+a)$
- △ c_{uk} , konus
- c_{ue} , enaks
- ◆ c_{utc} , treaks
- c_{uA} , designlinje

Sensitivitetsvalg:

St > 15

$$N_{kt} = (8.5 + 2.5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{du} = (9.8 - 4.5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12.5 - 11 B_q)$$

α_c valgt:

0.27

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Forboret til 2,5 m dypde

Oppdragsgiver:

Kristiansand Havn KF

Oppdrag:

Fergeterminalen Kristiansand

Tegningens filnavn:

CPTU v50_EXTRA_v5.07

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

Multiconsult

CPTU id.:

CPTu v/50

Sonde:

4901

MULTICONSULT AS

Dato:

10.01.2017

Tegnet:

jaa

Kontrollert:

ses

Godkjent:

jaa

Oppdrag nr.:

313640

Tegning nr.:

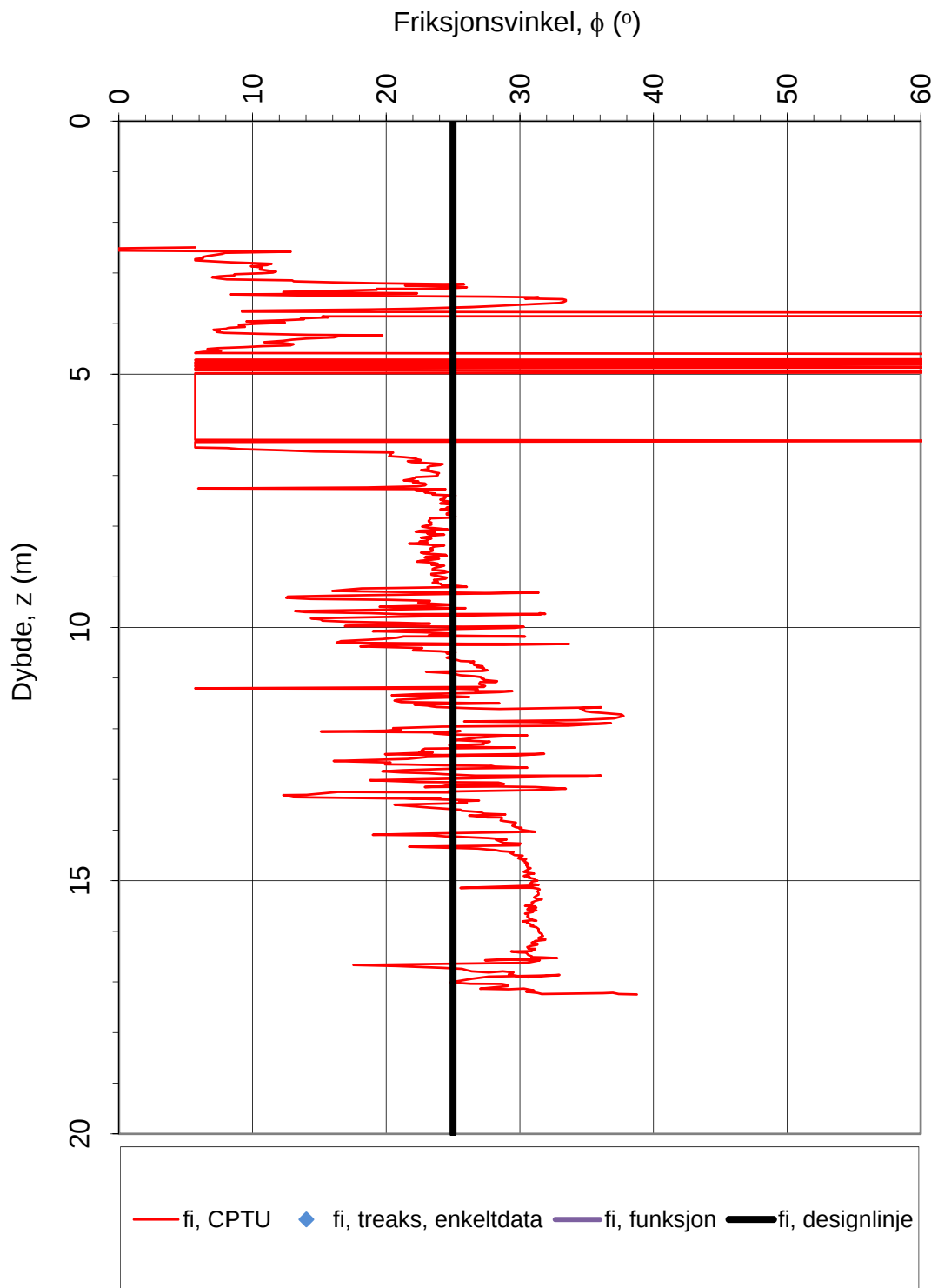
RIG-TEG-240.8

Versjon:

09.03.2016

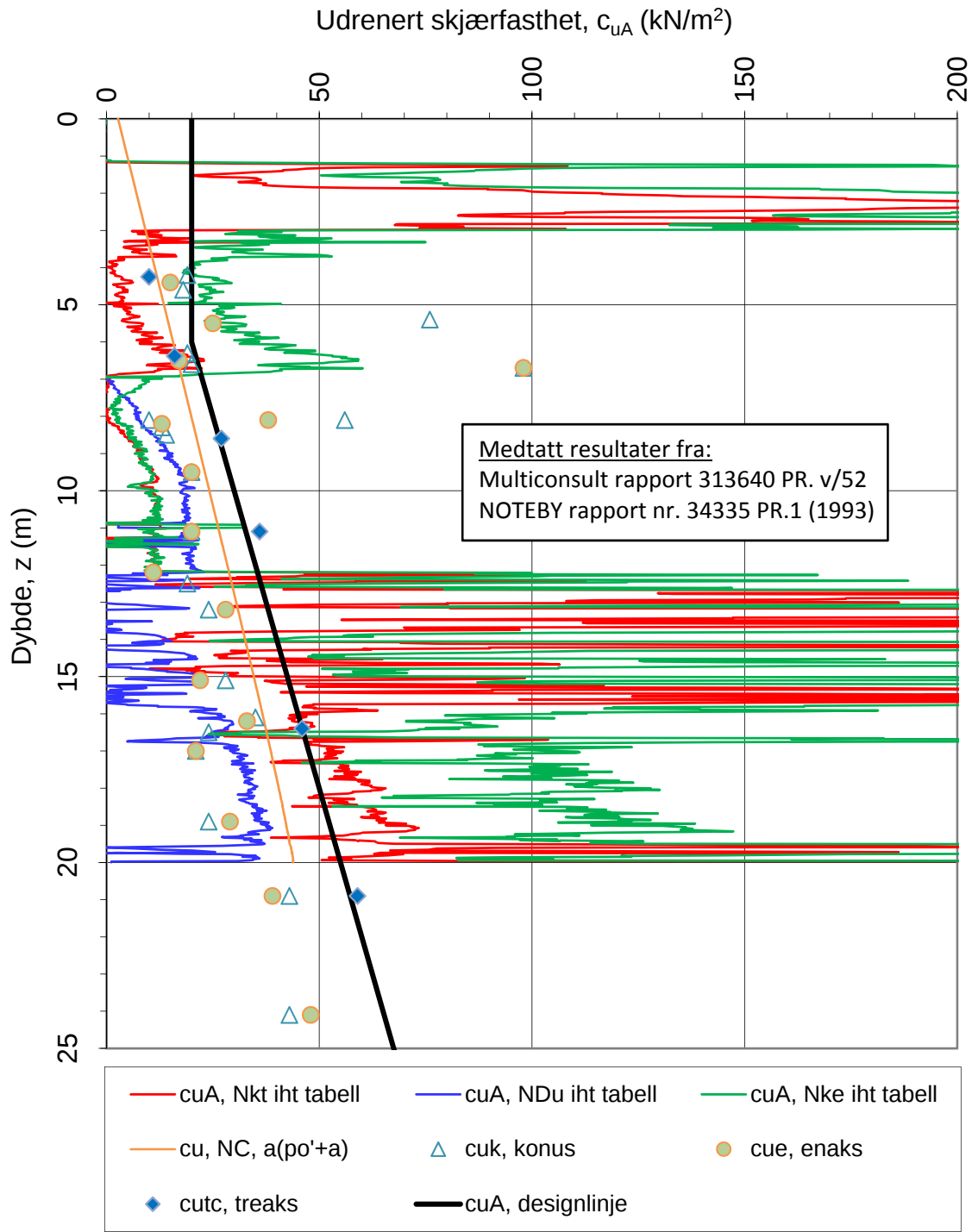
Revisjon:

0



Referansem metode: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989), Sandven (1990)

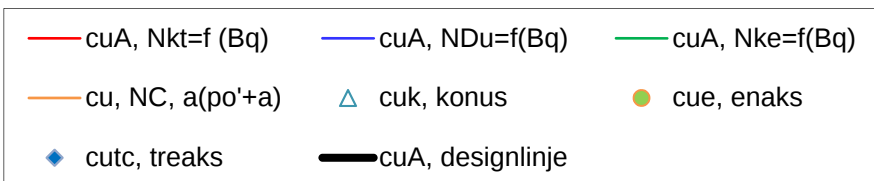
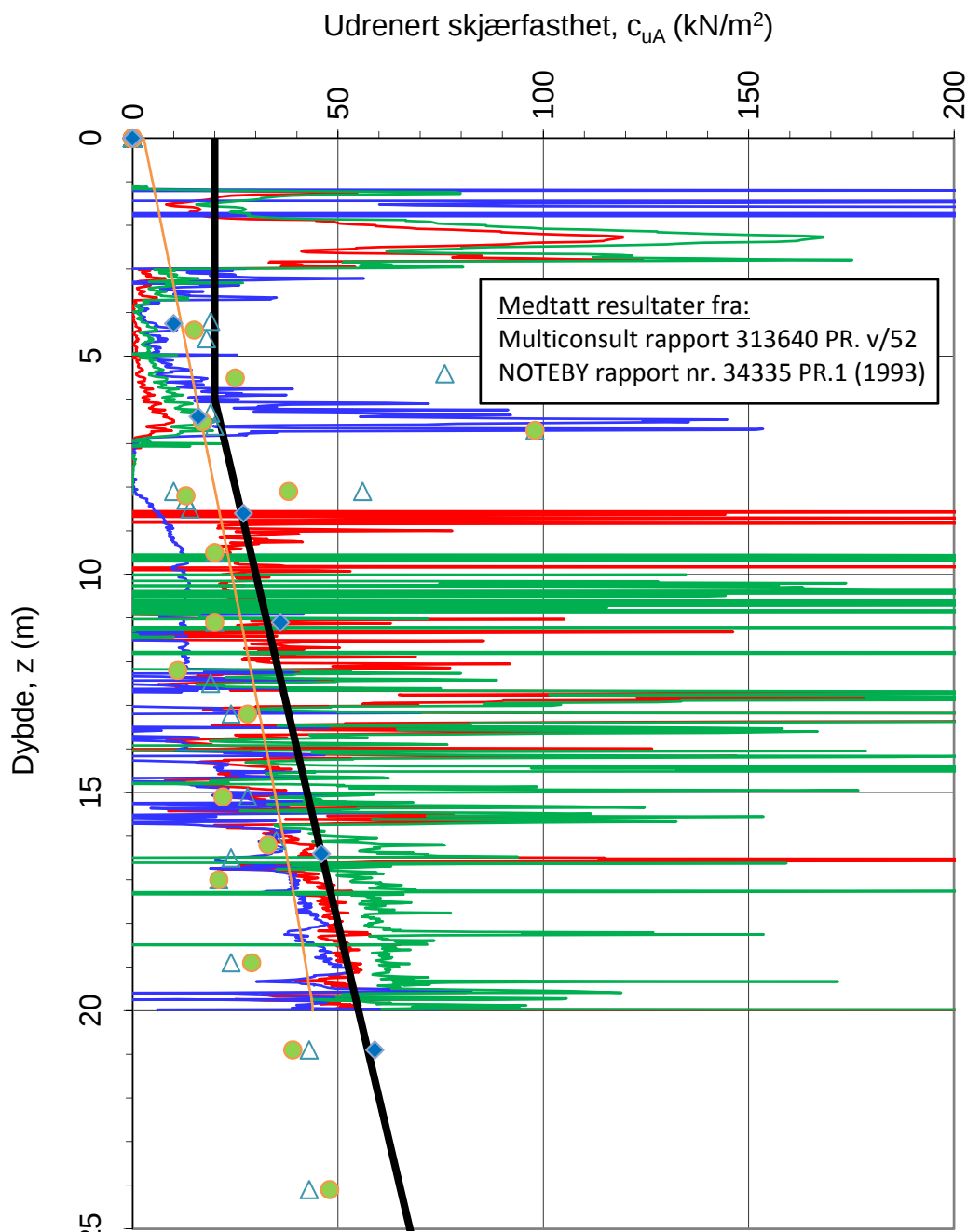
Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v50_EXTRA_v5.07
Friksjonsvinkel ϕ .				Multiconsult
CPTU id.:	CPTu v/50	Sonde:	4901	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses	Godkjent: jaa
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-240.9	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



α_c valgt: **0.27**

Lag	Dybde uk laggrense, z (m)	N_{kt}	$N_{\Delta u}$	N_{ke}	Merknad
1	13.00	10	7	6	
2	31.00	7	10	2	
3	0.00	0	0	0	

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v52_EXTRA_v5.07	
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , valgte tolkningsfaktorer.					
CPTU id.:	CPTu v/52	Sonde:	4901	Multiconsult	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses		
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-241.6	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0	



$N_{kt} = (18,7 - 12,5 \cdot B_q)$
 $N_{Du} = (1,8 + 7,25 \cdot B_q)$
 $N_{ke} = (13,8 - 12,5 \cdot B_q)$

α_c valgt: **0.27**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

Kristiansand Havn KF

Oppdrag:

Fergeterminalen Kristiansand

Tegningens filnavn:

CPTU v52_EXTRA_v5.07

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

CPTU id.:

CPTu v/52

Sonde:

4901

Multiconsult

MULTICONSULT AS

Dato:
10.01.2017

Tegnet:
jaa

Kontrollert:
ses

Godkjent:
jaa

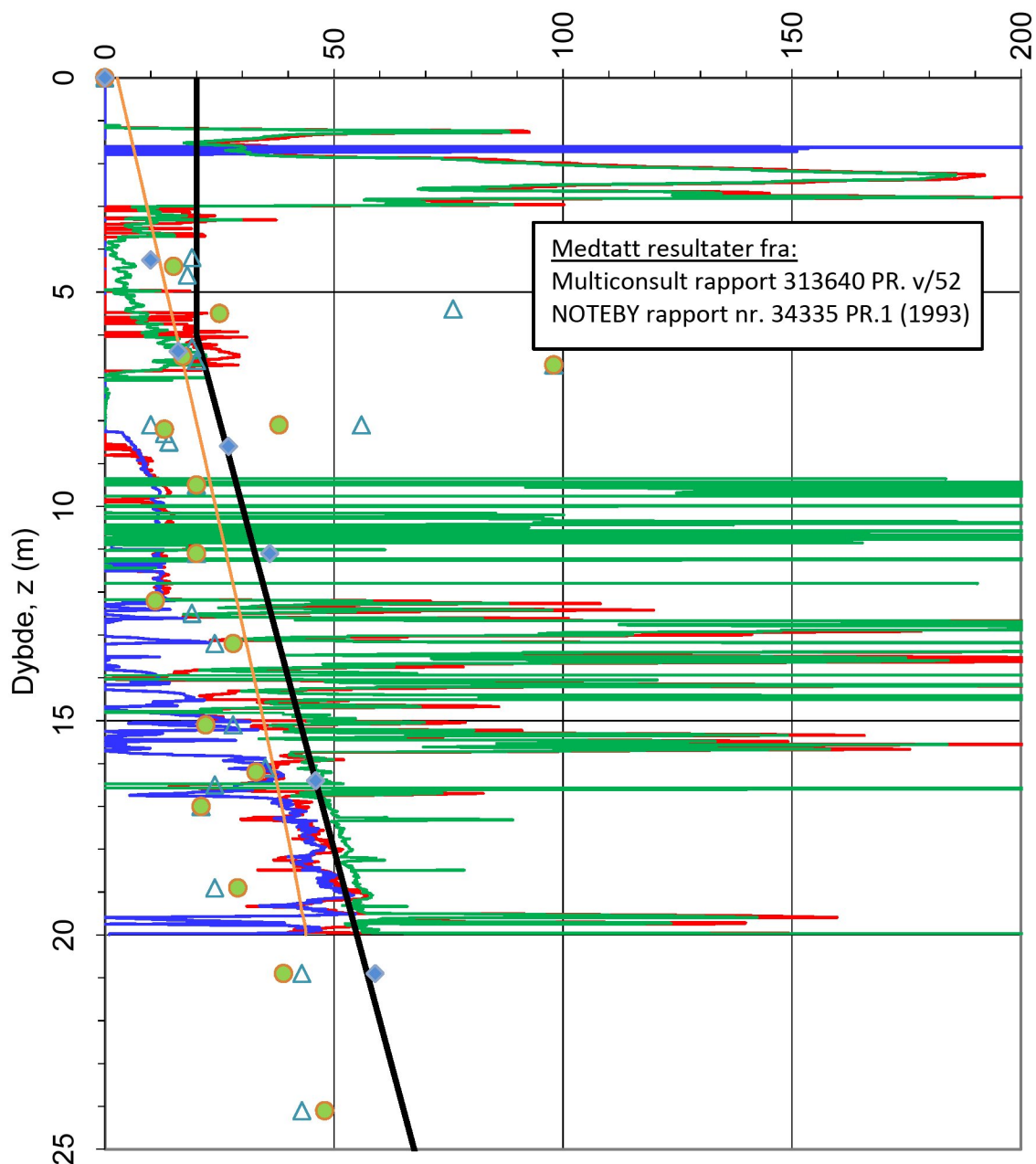
Oppdrag nr.:
313640

Tegning nr.:
RIG-TEG-241.7

Versjon:
09.03.2016

Revisjon:
0

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)



Medtatt resultater fra:
 Multiconsult rapport 313640 PR. v/52
 NOTEBY rapport nr. 34335 PR.1 (1993)

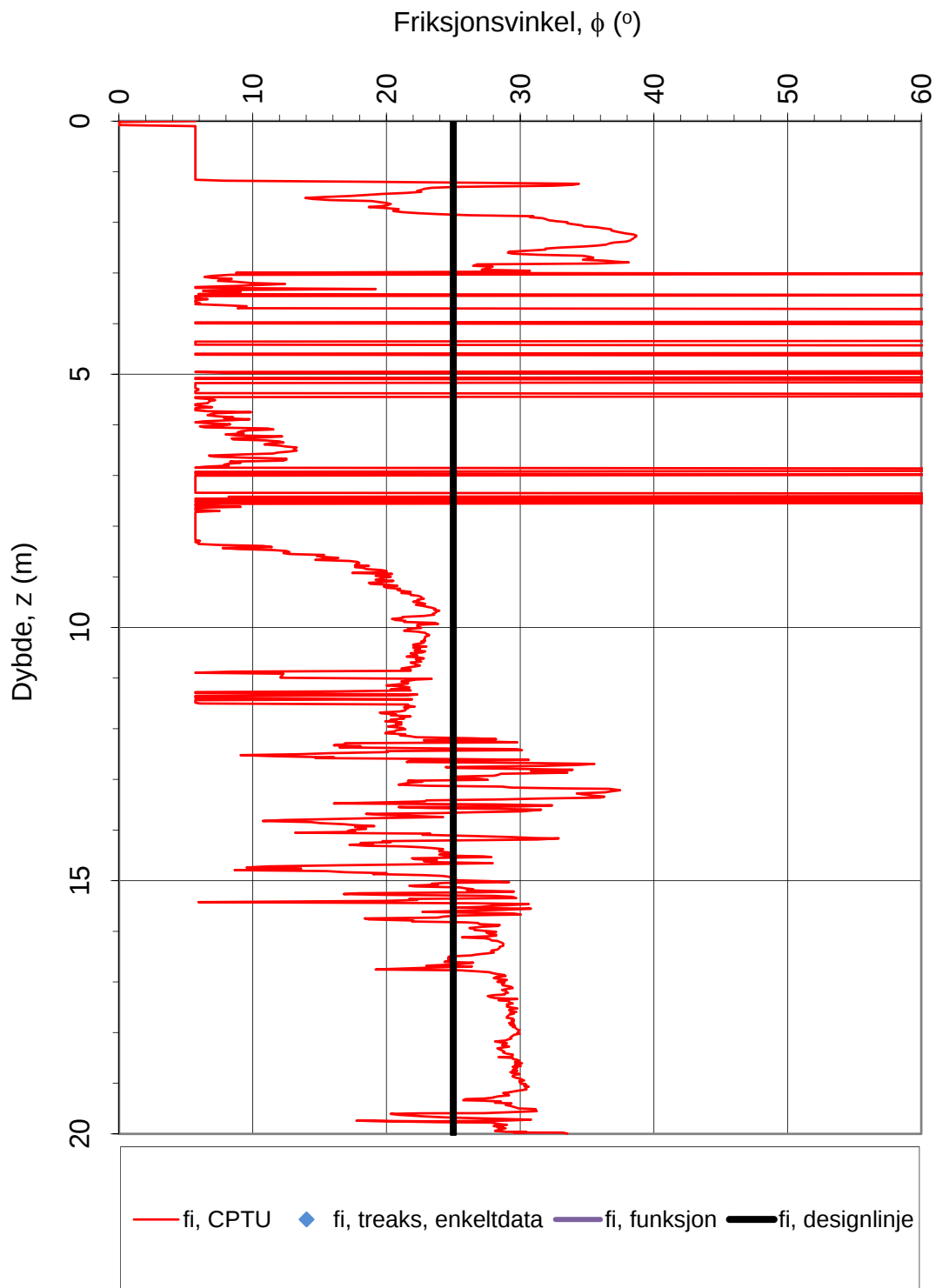
- c_{uA} , $N_{kt}=f(St,OCR,I_p)$
- c_{uA} , $N_{ke}=f(St,OCR,I_p)$
- △ c_{uk} , konus
- ◆ c_{utc} , treaks
- c_{uA} , $N_{Du}=f(St,OCR,I_p)$
- c_u , N_C , $a(p_o'+a)$
- c_{ue} , enaks
- c_{uA} , designlinje

Sensitivitetsvalg: **St > 15** α_c valgt: **0.27**

$N_{kt} = (8.5+2.5\log OCR+0I_p)$
 $N_{Du} = (9.8-4.5\log OCR+0I_p)$
 $N_{ke} = (12.5-11Bq)$

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

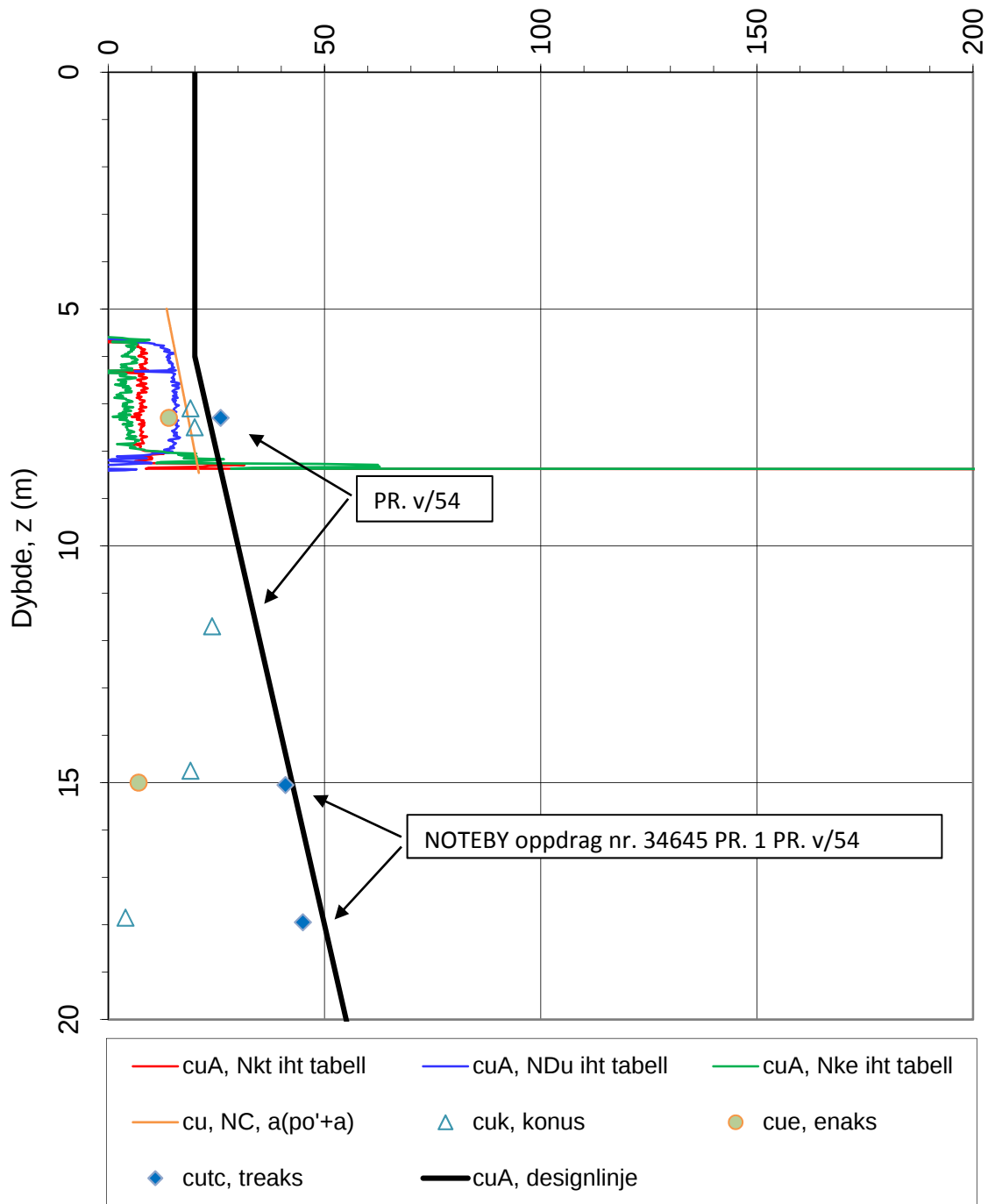
Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v52_EXTRA_v5.07	
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .				Multiconsult	
CPTU id.:	CPTu v/52	Sonde:	4901		
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses	Godkjent: jaa	
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-241.8	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0	



Referansemetode: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989), Sandven (1990)

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v52_EXTRA_v5.07
Friksjonsvinkel ϕ .				Multiconsult
CPTU id.:	CPTu v/52	Sonde:	4901	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses	Godkjent: jaa
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-241.9	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)

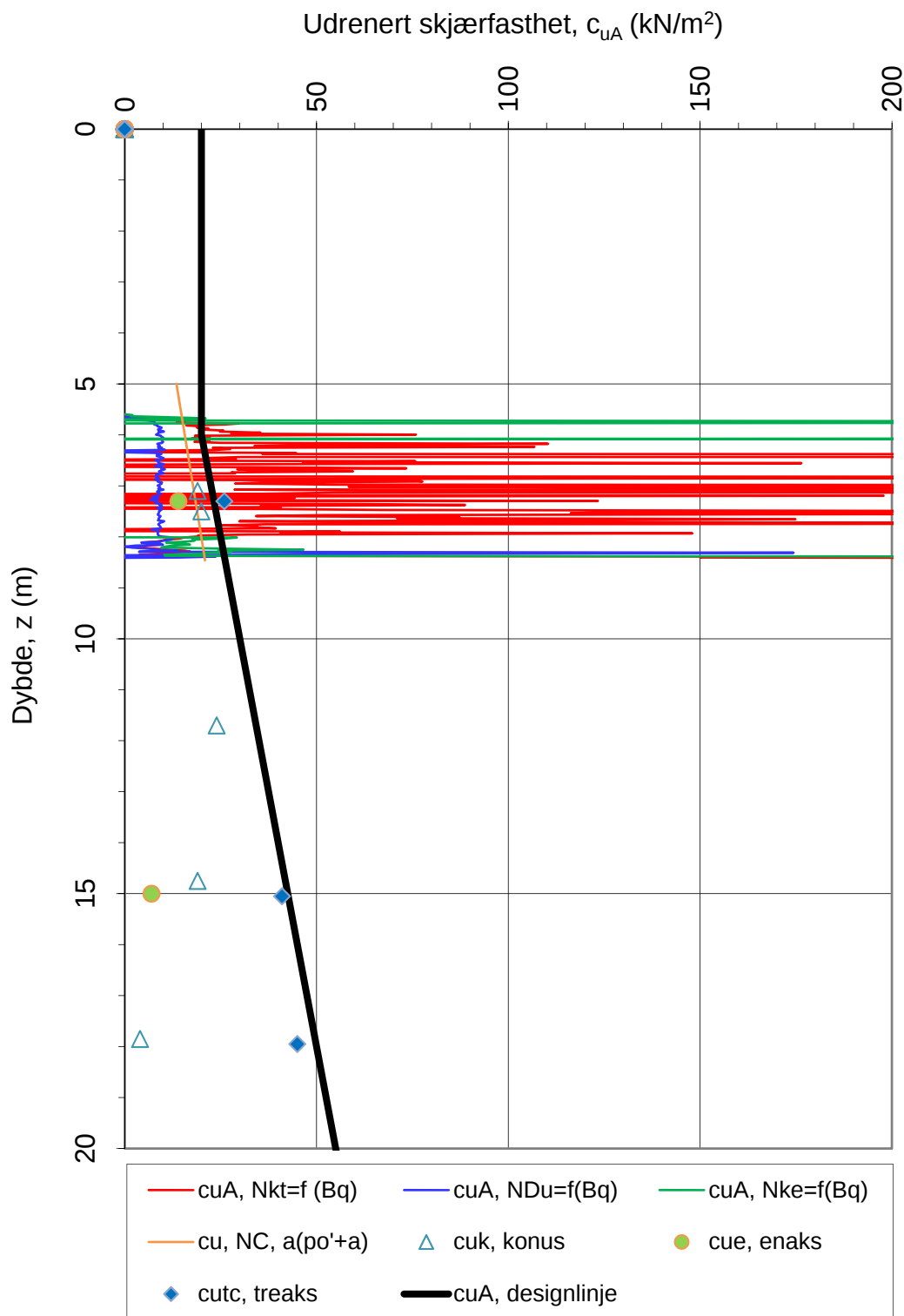


α_c valgt: **0.27**

Forboret til 5,0 m dybde

Lag	Dybde uk laggrense, z (m)	N_{kt}	$N_{\Delta u}$	N_{ke}	Merknad
1	13.00	10	7	6	
2	31.00	7	10	2	
3	0.00	0	0	0	

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v53 EXTRA_v5.07	
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , valgte tolkningsfaktorer.					
CPTU id.:	CPTu v/53	Sonde:	4901	Multiconsult	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses		
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-242.6	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0	



$N_{kt} = (18,7 - 12,5 \cdot B_q)$
 $N_{Du} = (1,8 + 7,25 \cdot B_q)$
 $N_{ke} = (13,8 - 12,5 \cdot B_q)$

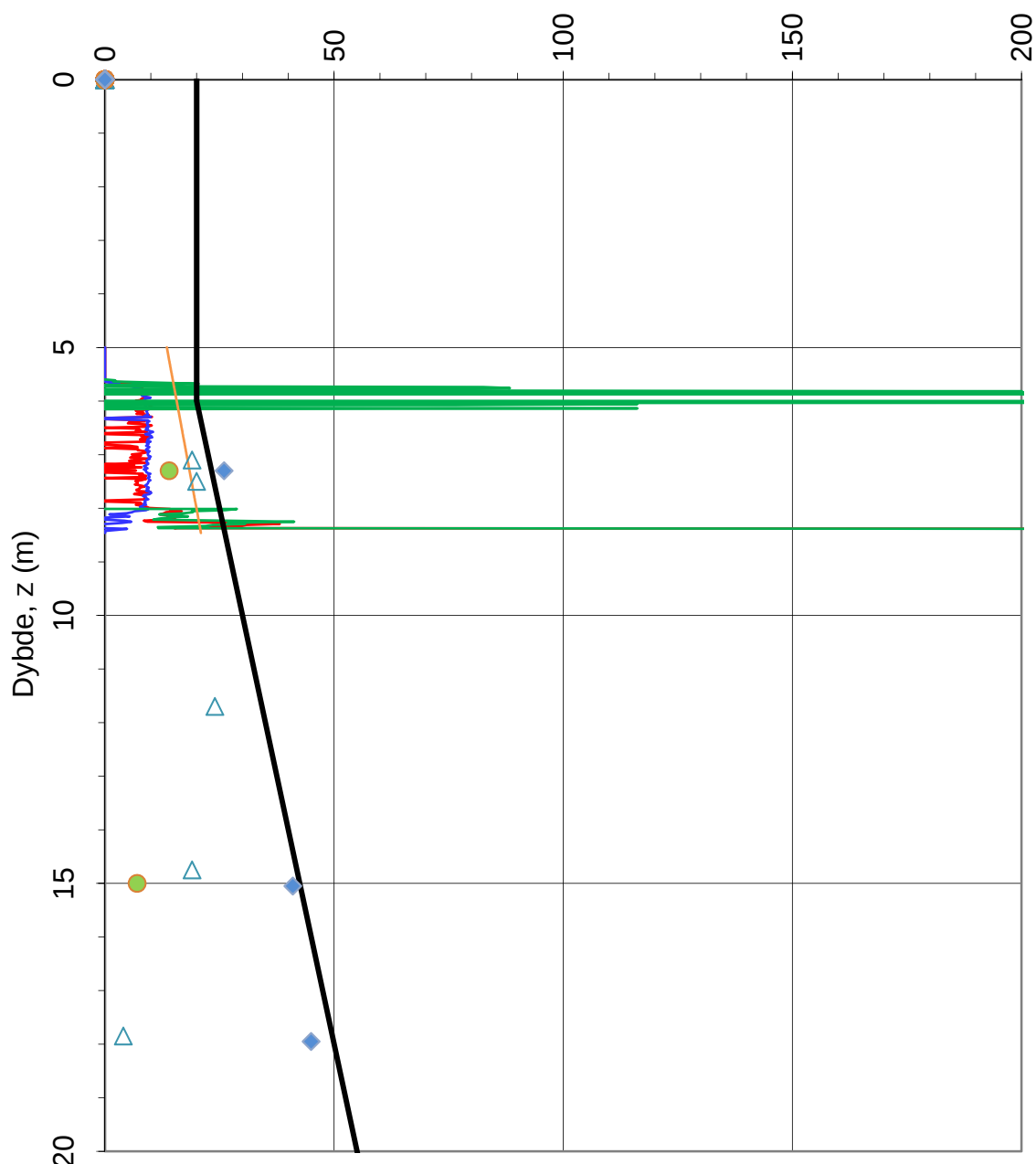
α_c valgt: **0.27**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Forboret til 5,0 m dybde

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v53_EXTRA_v5.07
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q .				Multiconsult
CPTU id.:	CPTu v/53	Sonde:	4901	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses	Godkjent: jaa
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-242.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)



- c_{uA} , $N_{kt}=f(St, OCR, I_p)$
- c_{uA} , $N_{ke}=f(St, OCR, I_p)$
- c_{uA} , $N_{du}=f(St, OCR, I_p)$
- c_u , NC , $a(p_o'+a)$
- △ c_{uk} , konus
- c_{ue} , enaks
- ◆ c_{utc} , treaks
- c_{uA} , designlinje

Sensitivitetsvalg:

St > 15

α_c valgt:

0.27

$$N_{kt} = (8.5 + 2.5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{du} = (9.8 - 4.5 \log OCR + 0 I_p)$$

$$N_{ke} = (12.5 - 11 B_q)$$

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Forboret til 5,0 m dybde

Oppdragsgiver:

Kristiansand Havn KF

Oppdrag:

Fergeterminalen Kristiansand

Tegningens filnavn:

CPTU v53_EXTRA_v5.07

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .

Multiconsult

CPTU id.:

CPTu v/53

Sonde:

4901

MULTICONSULT AS

Dato:

10.01.2017

Tegnet:

jaa

Kontrollert:

ses

Godkjent:

jaa

Oppdrag nr.:

313640

Tegning nr.:

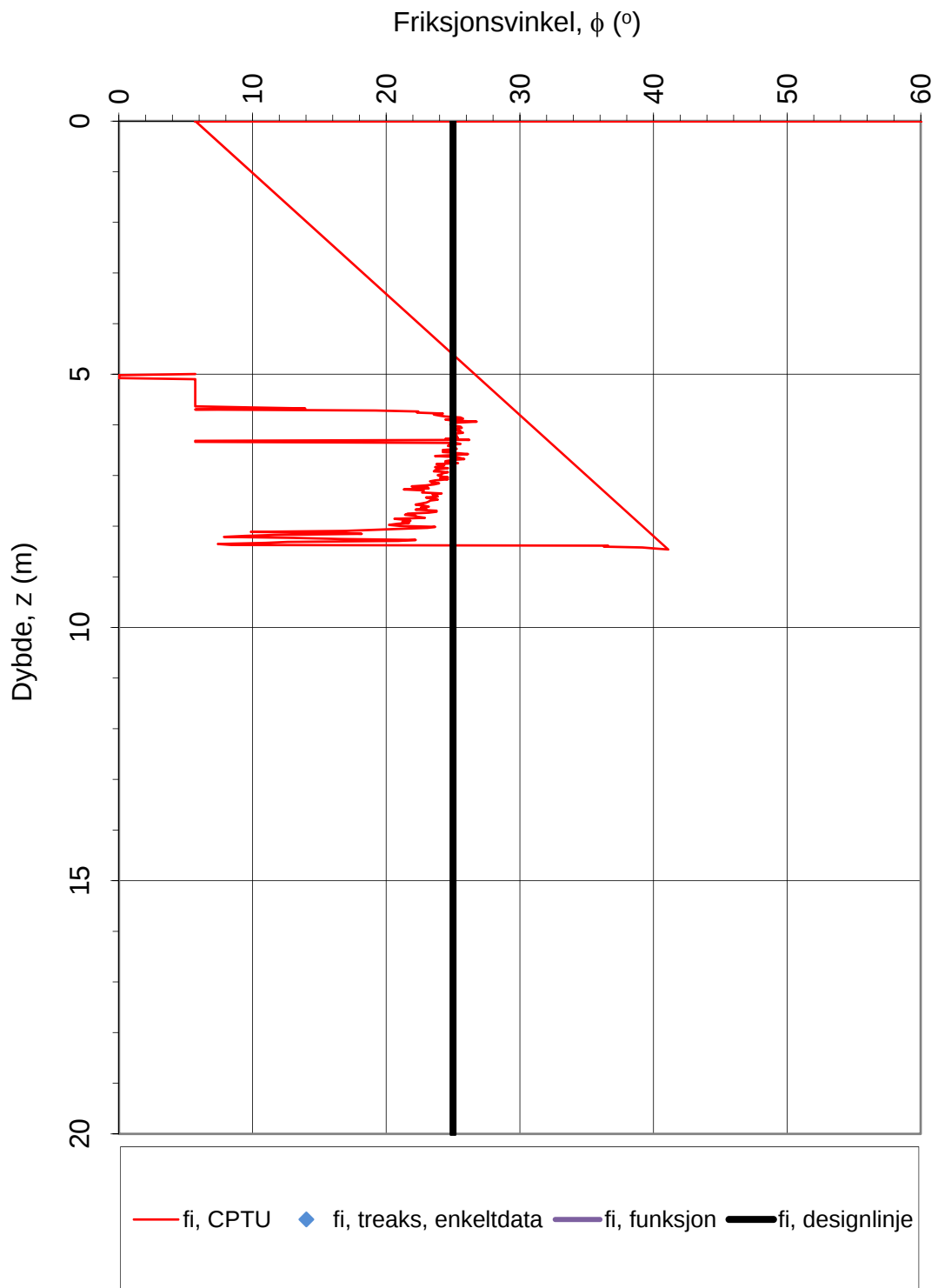
RIG-TEG-242.8

Versjon:

09.03.2016

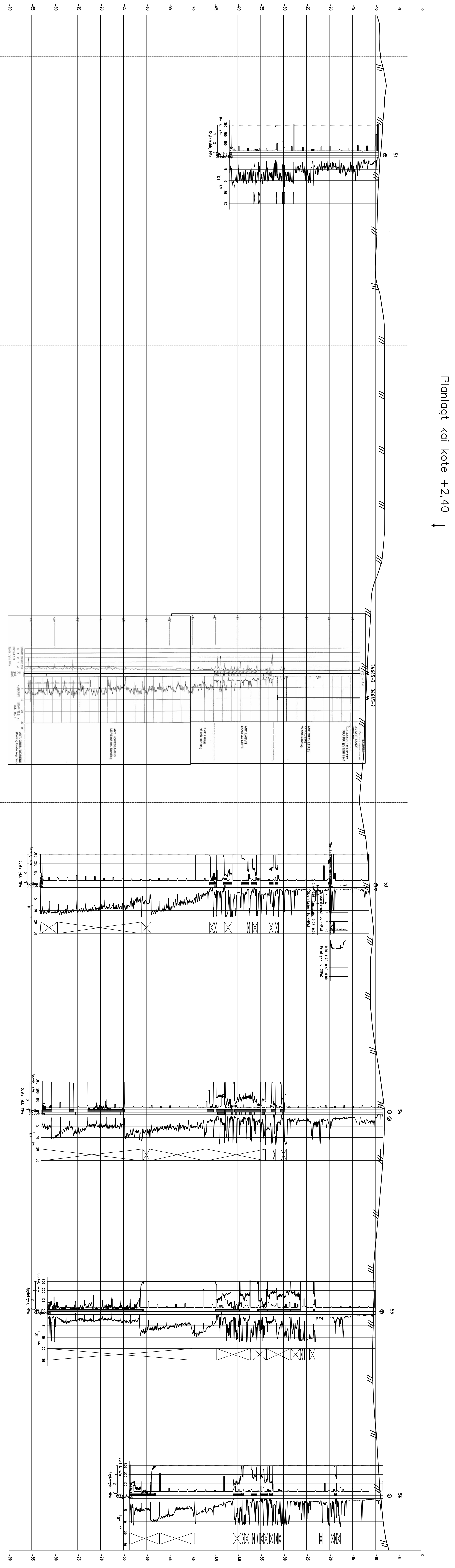
Revisjon:

0

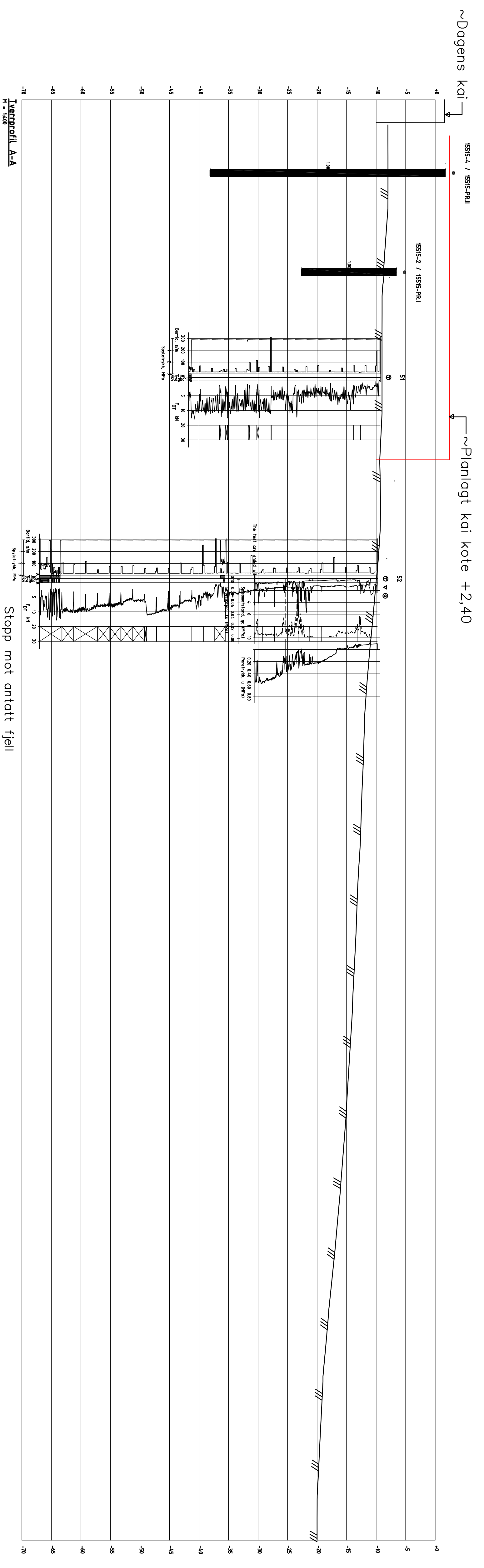


Referansemetode: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989), Sandven (1990)

Oppdragsgiver: Kristiansand Havn KF		Oppdrag: Fergeterminalen Kristiansand		Tegningens filnavn: CPTU v53_EXTRA_v5.07
Friksjonsvinkel ϕ .				Multiconsult
CPTU id.:	CPTu v/53	Sonde:	4901	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: jaa	Kontrollert: ses	Godkjent: jaa
	Oppdrag nr.: 313640	Tegning nr.: RIG-TEG-242.9	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0

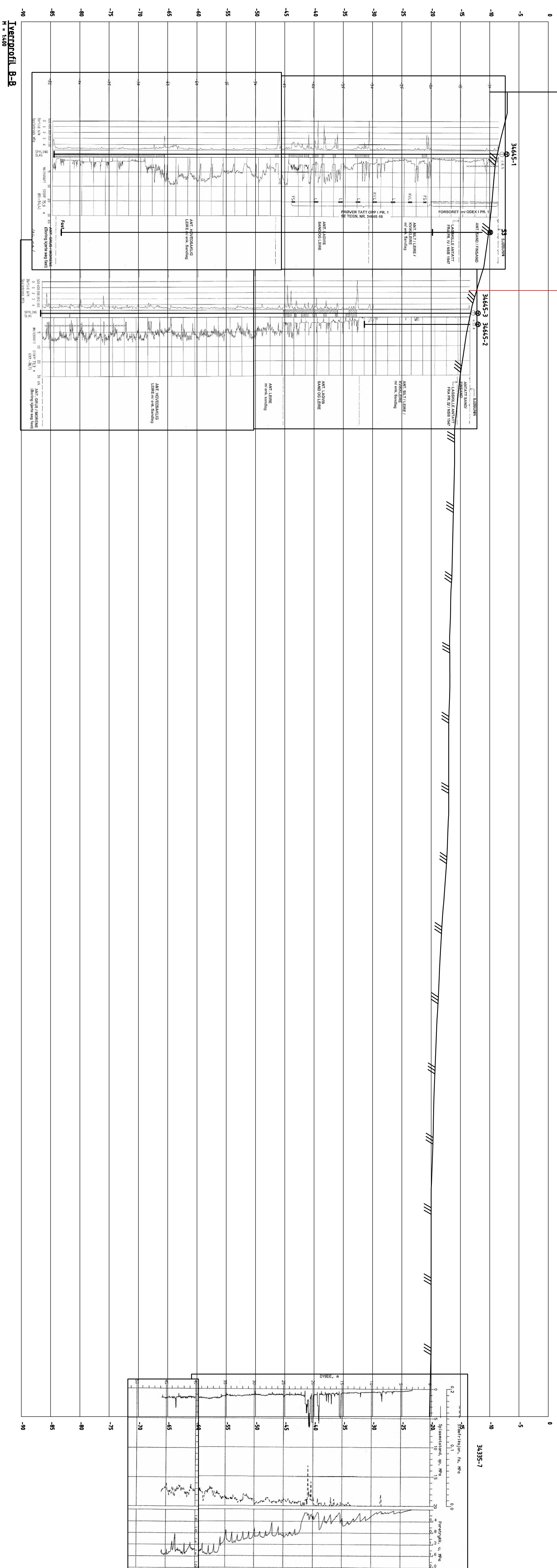


Lengdeprofil 1-1		Prosjekt: RIG-TEG-506	
Kristiansand Havn KF		Oppdragsleder: Kristiansand	
Fergeterminalen Kristiansand		Oppdragsnr.: 26.03.16	
Geotekniske grunnundersøkelser og bistand		Oppdragsnr.: A0	
Multiconsult		Oppdragsnr.: 313640	
Til: RIG-TEG-506		Oppdragsnr.: RIG-TEG-506	
Dato: 20.09.2016		Oppdragsnr.: 313640	
Til: RIG-TEG-506		Oppdragsnr.: RIG-TEG-506	
Til: RIG-TEG-506		Oppdragsnr.: RIG-TEG-506	



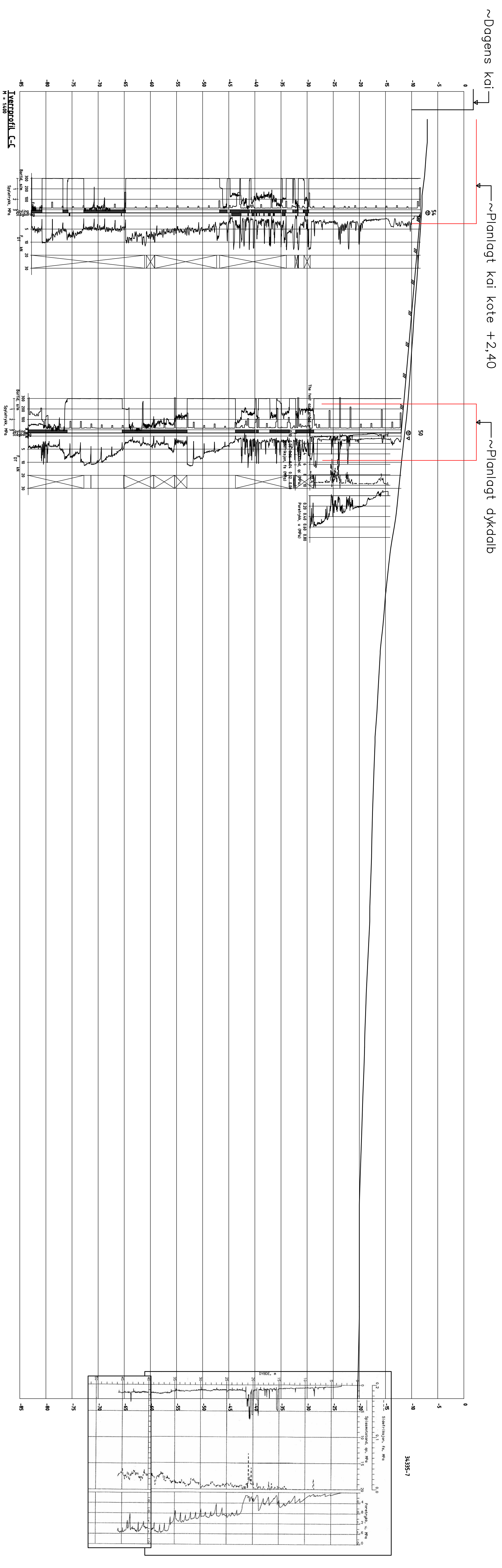
Tverrprofil A-A		Tegningsfilnavn	
Kristiansand Havn KF		501.dwg	
Fergeterminalen Kristiansand		Maststokk	
Geotekniske grunnundersøkelser og bistand		M = 1:4,00	
Multiconsult		Original format	
Ryddelen 15, 4626 KRISTIANSD		A1	
Tlf: 37 40 20 20 - Fax: 37 40 20 99		Opprinnelse	
313640		313640	
RIG-TEG-507		Rev.	
		Godkjent	
		Kontrollert	
		Konstr./Tegnet	
		JDA	

~Dagens kai → ~Planlagt kai kote +2,40



Tverrprofil B-B
M = 1:400

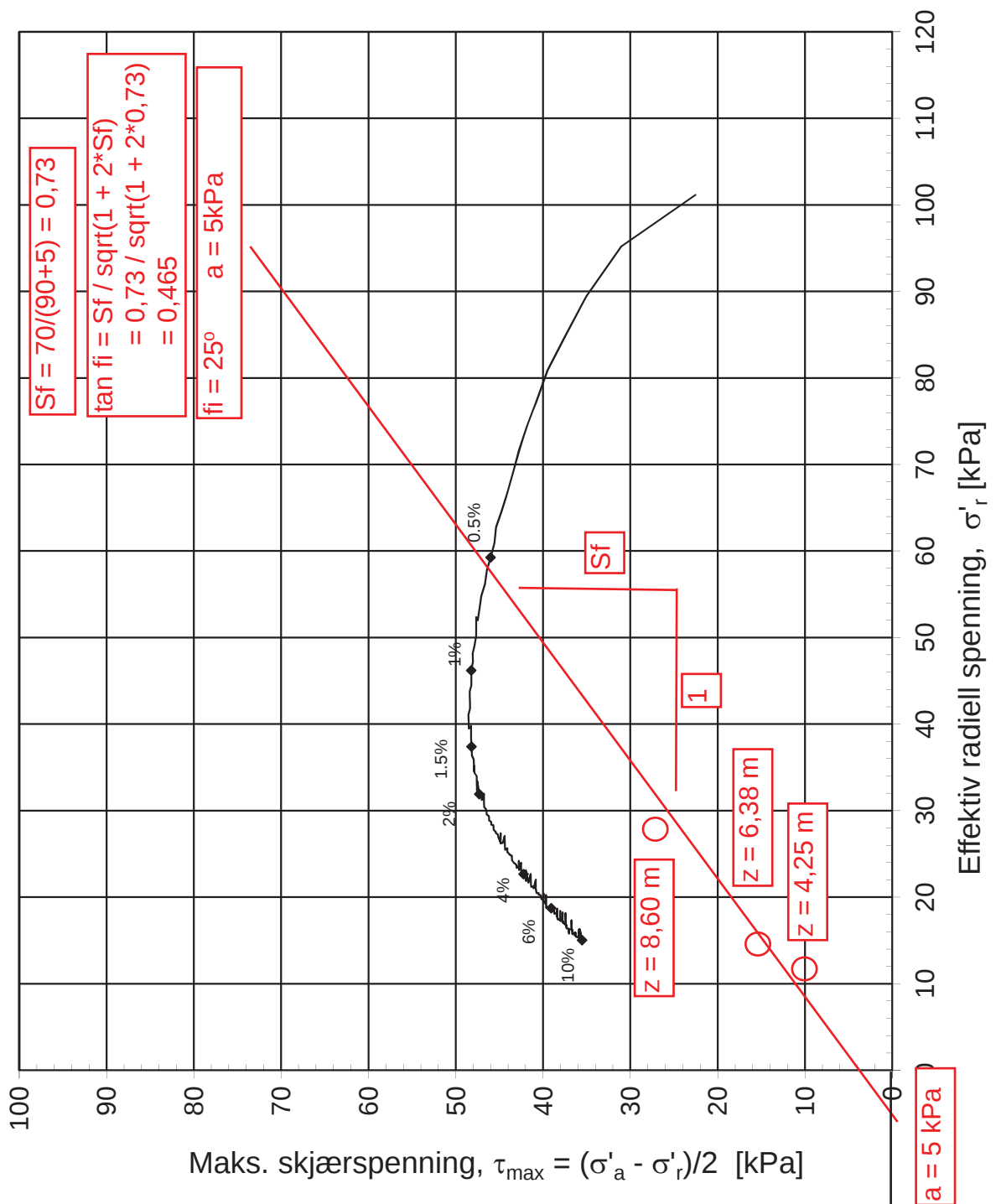
Tverrprofil B-B		Følgende fra:rom	
Kristiansand Havn KF	Mønstre	-508-449	Godkjent
Fergeterminalen Kristiansand		M = 1:400	ja
Geotekniske grunnundersøkelser og bistand		Original format	Kontrollert
Multiconsult	Dato	26.08.16	tdr
www.multiconsult.no	Oppdragsnr.	313640	Konst./Tegnet
Rogedalen 15, 4626 KRISTIANSAND 99			ja
Tlf.: 37 40 20 20 - Fax: 37 40 20 99			Rev.
			RIK-TEG-508



Tverrprofil C-C		Føringsnavn	
Kristiansand Havn KF		-509 Aug	
Fergeterminalen Kristiansand		M = 1:400	
Geotekniske grunnundersøkelser og bistand		Original format	
Multiconsult		A1	
Rogedalen 15, 4626 KRISTIANSAND		Konstr./Tegnet	
www.multiconsult.no		Rev.	
Dato		26.08.16	
Oppdragsnr.		313640	
Til: 37 40 20 20 - Fax: 37 40 20 99		RIG-TEG-509	
Godkjent		ja	
Kontrollert		tdr	
Konstr./Tegnet		ja	

VEDLEGG A

Treaksialforsøk PR. v/52 - Tolking av friksjonsparametere




Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	146.26	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	101.14	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	5.59	$\Delta e/e_0$ (-): 0.11
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0.95
Vanninnhold w_i (%):	43.71	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1.80

Kristiansand Havn KF

Fergeterminalen Kristiansand

Treaksialforsøk. Deviatorspenningssti. NTNU-plott.

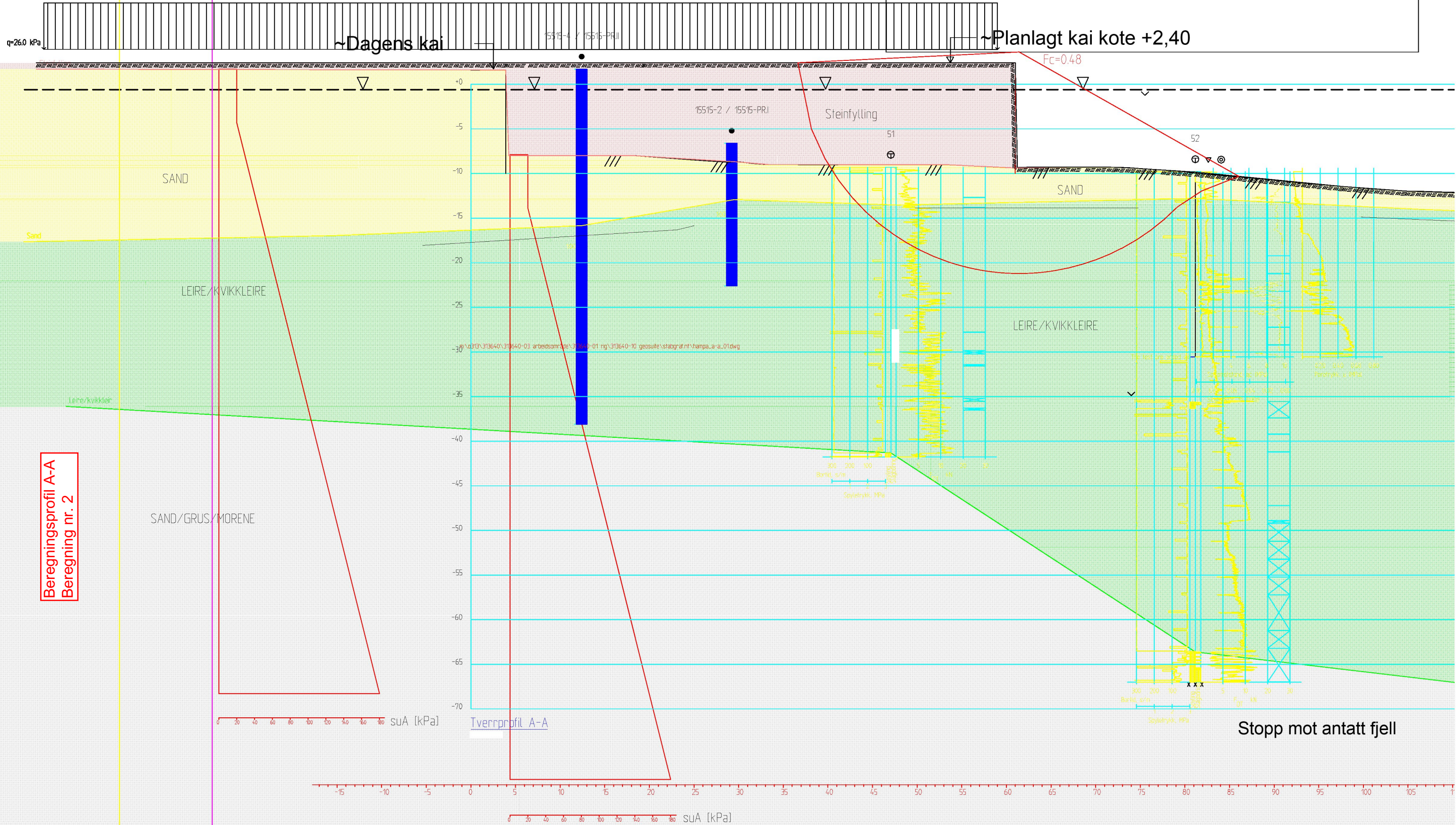
MULTICONSULT AS Sluppenvegen 15, 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato:	Dybde, z (m):	Borpunkt nr.:	Tegningens filnavn: 313640-RIG-TEG-278.1.h v52,d16,40.xlsx 	
	27.04.2016	16.40	v 52		
	Forsøk nr.:	Tegnet/kontrollert lab:	Kontrollert:		Godkjent:
	4	kjt / vt	jaa		jaa
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Prosedyre:	Programrevisjon:		
313640		CAUa	15.12.2014		

VEDLEGG B

Utskrifter fra stabilitetsberegninger; Beregningsprofil A-A - Planlagt utfylling i Hampa
(M = 1:400 i A3)

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 2

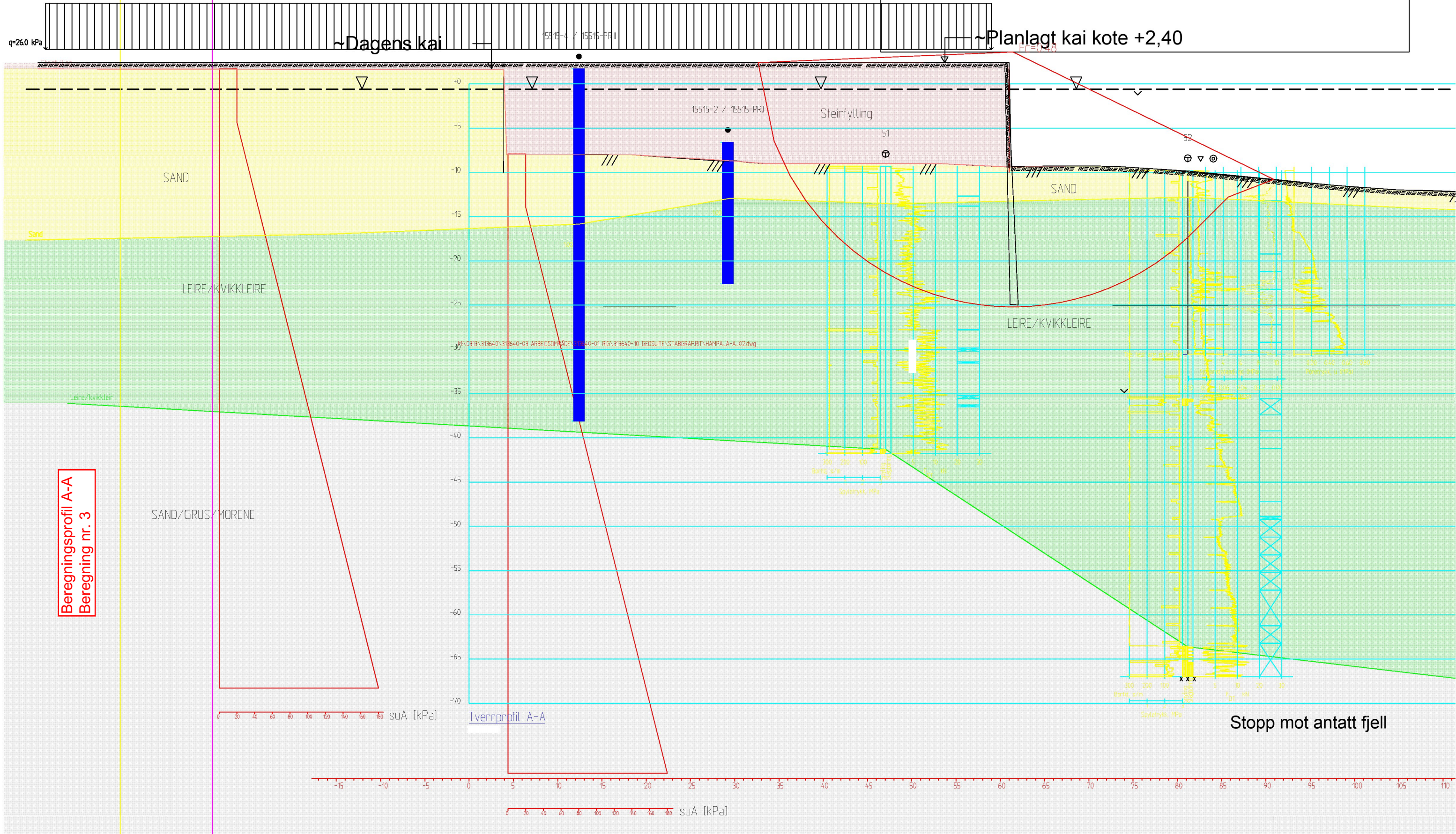
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	35.8	0.0			
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0			
Leire/kvikkleir	18.00	8.00			C-prof	0.71	0.47 0.26
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0			



Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 2

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 3

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	35.8	0.0				
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleir	18.00	8.00			C-prof	0.71	0.47	0.26
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				

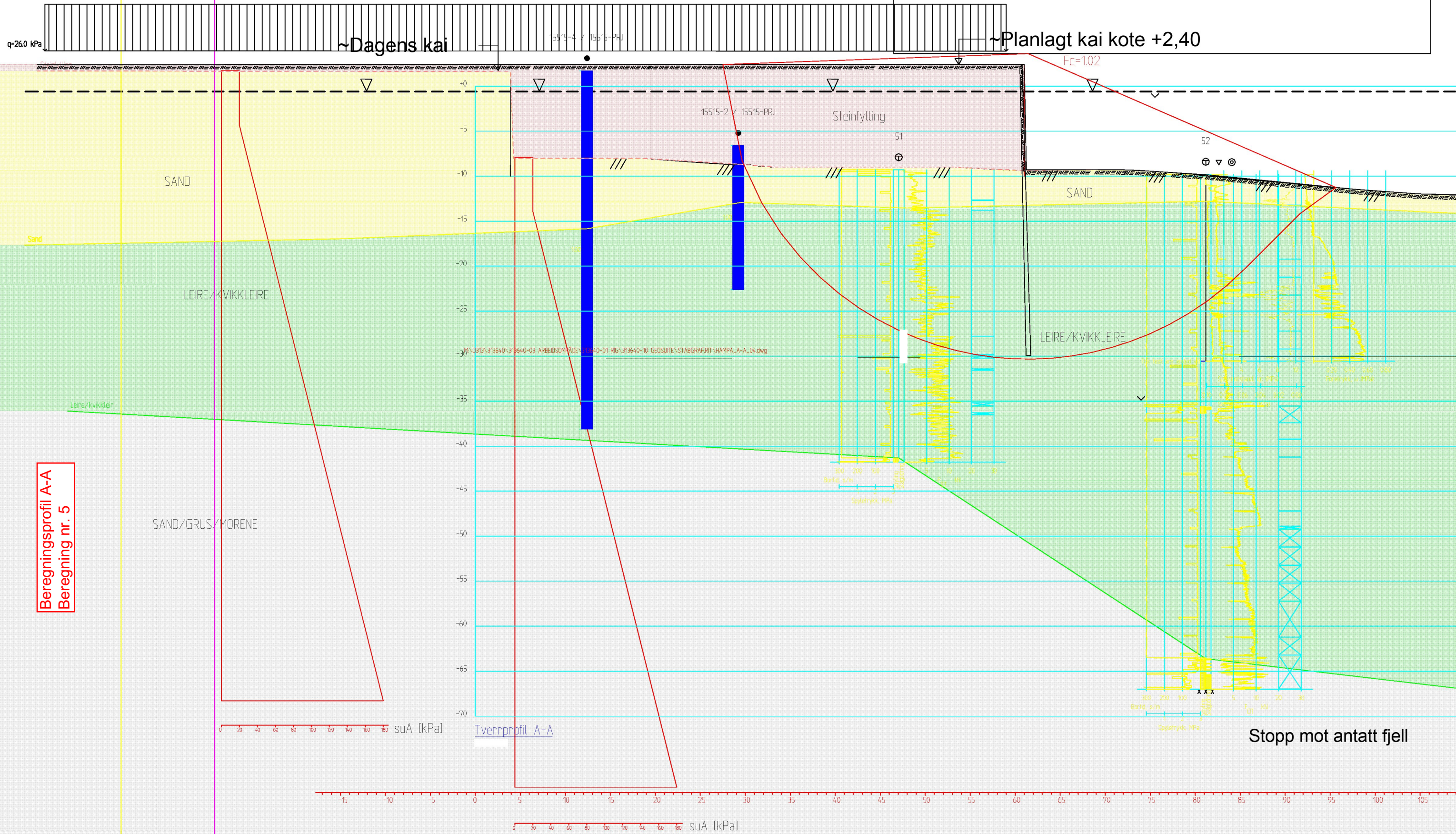


Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 3

Stopp mot antatt fjell

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 5

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	35.8	0.0				
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleire	18.00	8.00			40.0+C	0.71	0.47	0.26
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				



Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 5

Stopp mot antatt fjell

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 6

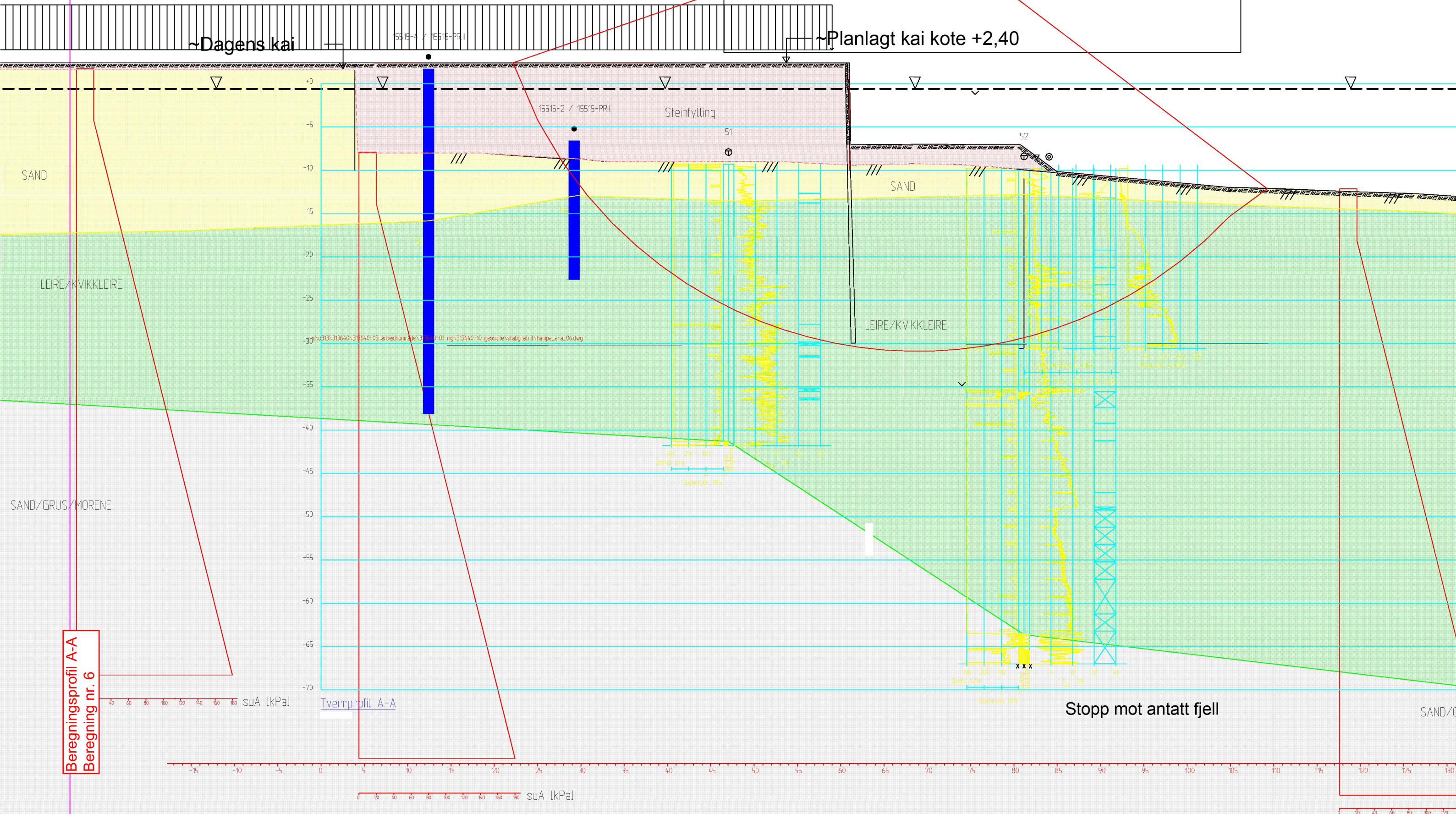
Material	Un\Weigh	Sub\Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	35.8	0.0				
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleir	18.00	8.00			400+C	0.71	0.47	0.26
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				

Fc=1.06

~Dagens kai

15515-4 / 15515-PRII

~Planlagt kai kote +2,40



15515-2 / 15515-PR.I

Steinfylling

51

52

SAND

SAND

LEIRE/KVIKKLEIRE

LEIRE/KVIKKLEIRE

SAND/GRUS/MORENE

SAND/C

Tverrprofil A-A

Stopp mot antatt fjell

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 6

suA [kPa]

suA [kPa]

Su [kPa]

Su [kPa]

Borid, s/m

Sjyletrykk, MPa

Su [kPa]

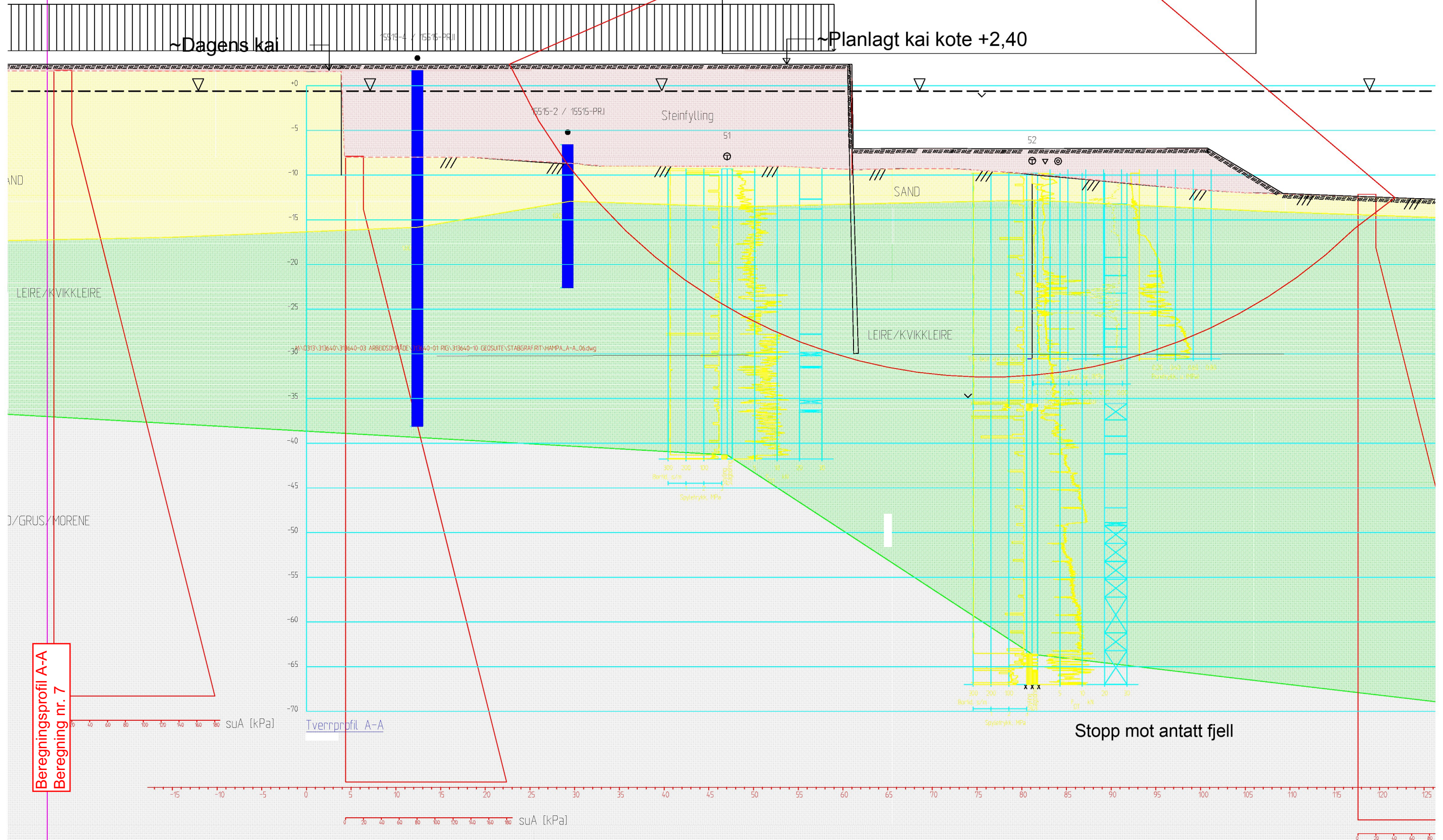
Su [kPa]

suA [kPa]

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 7

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	35.8	0.0				
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleire	18.00	8.00			40.0	0.71	0.47	0.26
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				

Fc=1.23



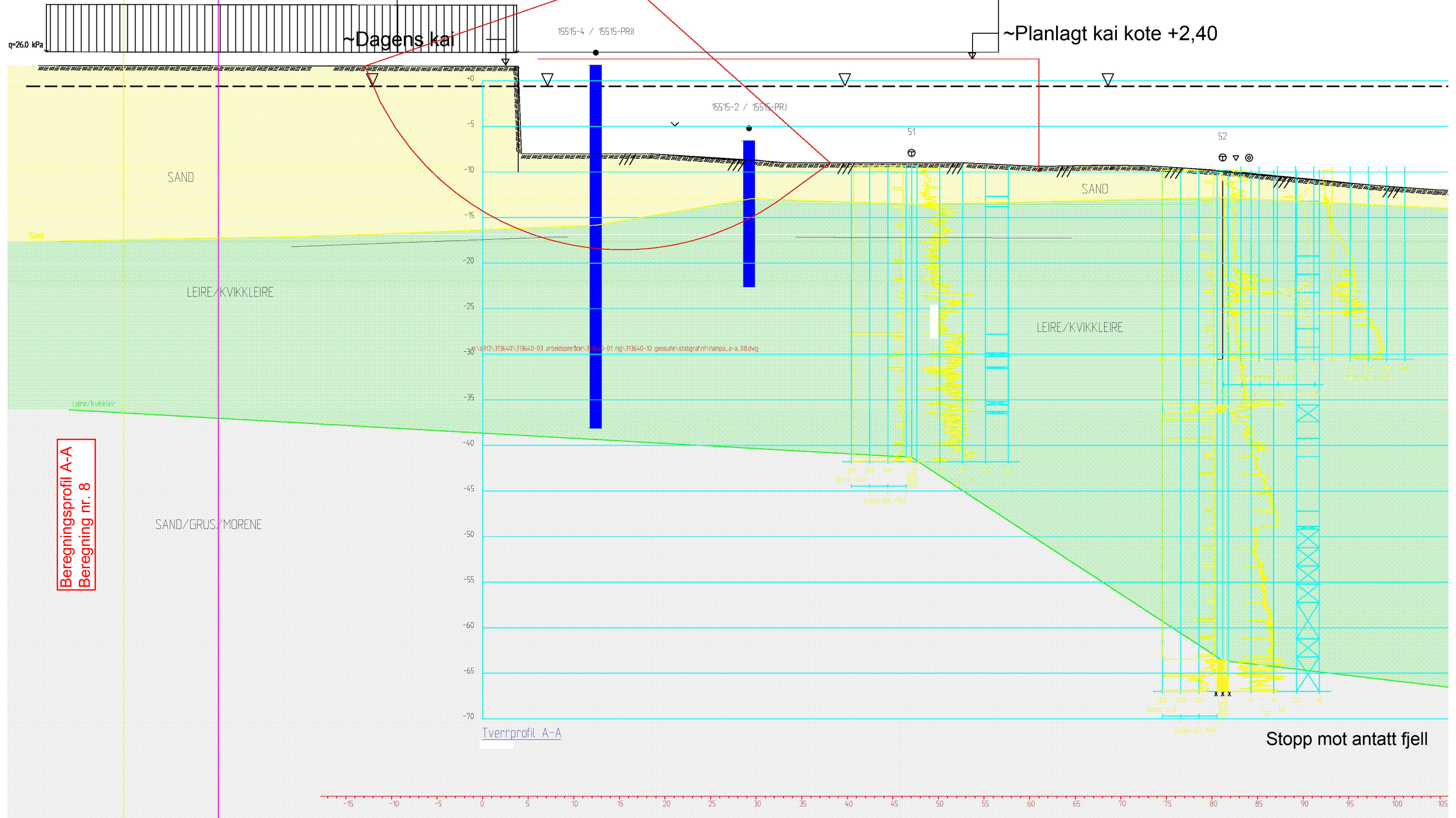
Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 7

Tverrprofil A-A

Stopp mot antatt fjell

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 8

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleire	18.00	8.00	18.4	1.7				
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				



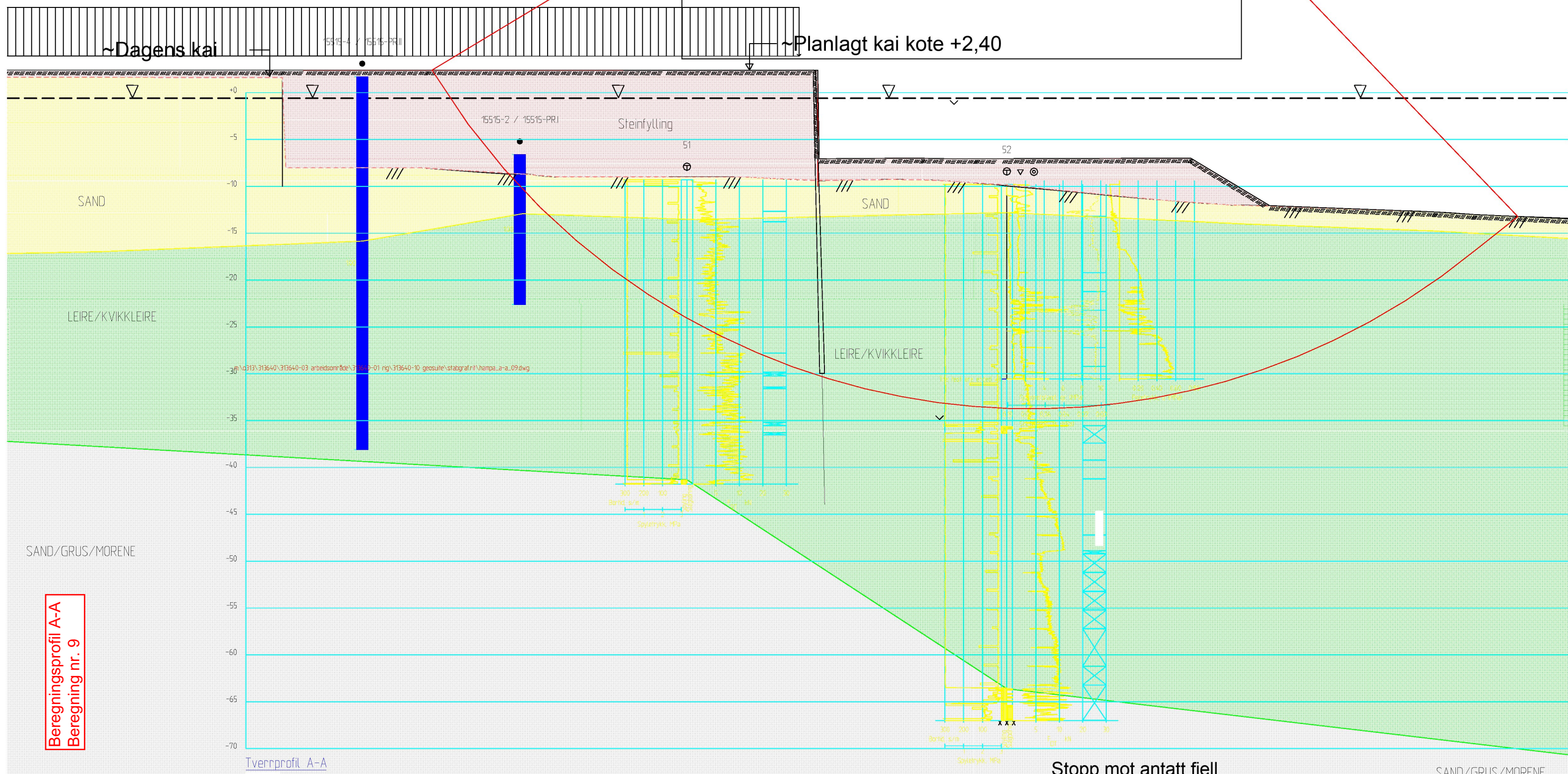
Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 8

Stopp mot antatt fjell

Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 9

$F_c \varphi = 1.99$

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Steinfylling	20.00	12.00	35.8	0.0				
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleir	18.00	8.00	18.4	17				
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				



Beregningsprofil A-A
Beregning nr. 9

Stopp mot antatt fjell

SAND/GRUS/MORENE

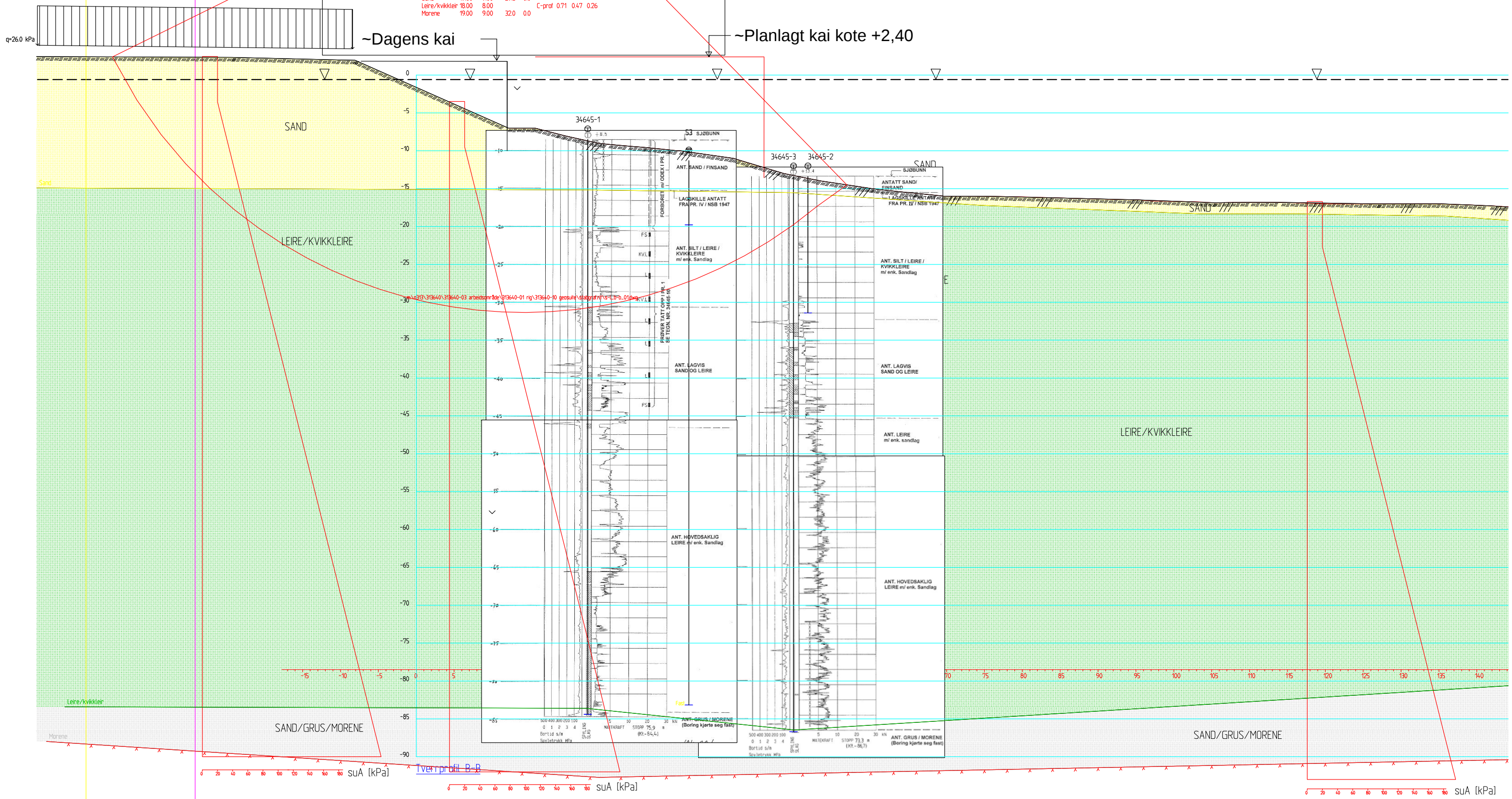
VEDLEGG C

Utskrifter fra stabilitetsberegninger; Beregningsprofil B-B - Planlagt pelefundamentert kai
(M = 1:500 i A3)

Beregningsprofil B-B
Beregning nr. 1

Material	Un Weigh	Sub Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleire	18.00	8.00			C-praf	0.71	0.47	0.26
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				

Fc=100



~Dagens kai

~Planlagt kai kote +2,40

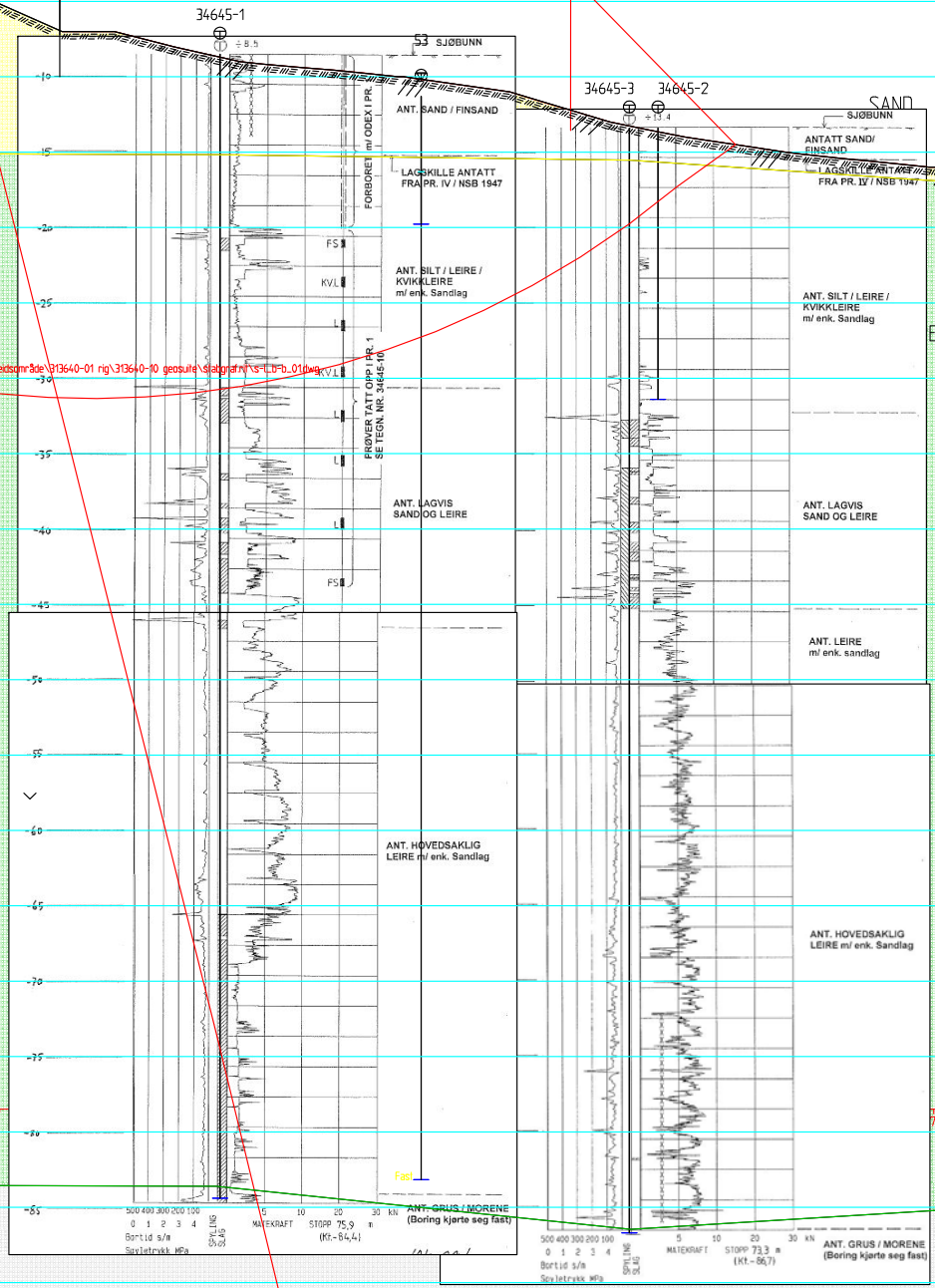
SAND

LEIRE/KVIKLEIRE

SAND/GRUS/MORENE

LEIRE/KVIKLEIRE

SAND/GRUS/MORENE



suA [kPa]

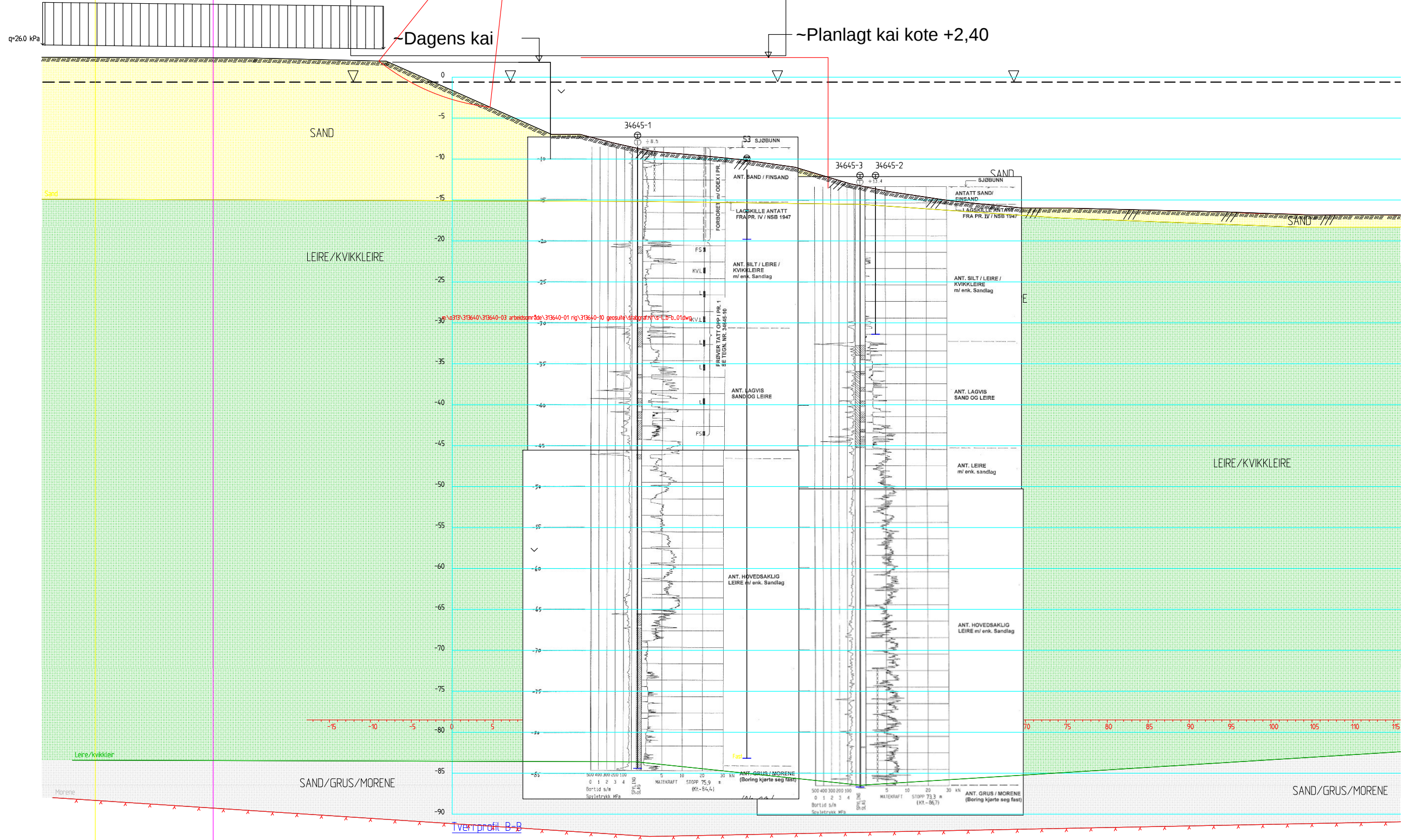
suA [kPa]

suA [kPa]

Beregningsprofil B-B
Beregning nr. 2

$F_c \varphi = 1.16$

Material	Un	W _g	Sub	W _g	F _i	C	C	A _a	A _d	A _p
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0						
Leire/kvikkleier	18.00	8.00	18.4	1.7						
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0						

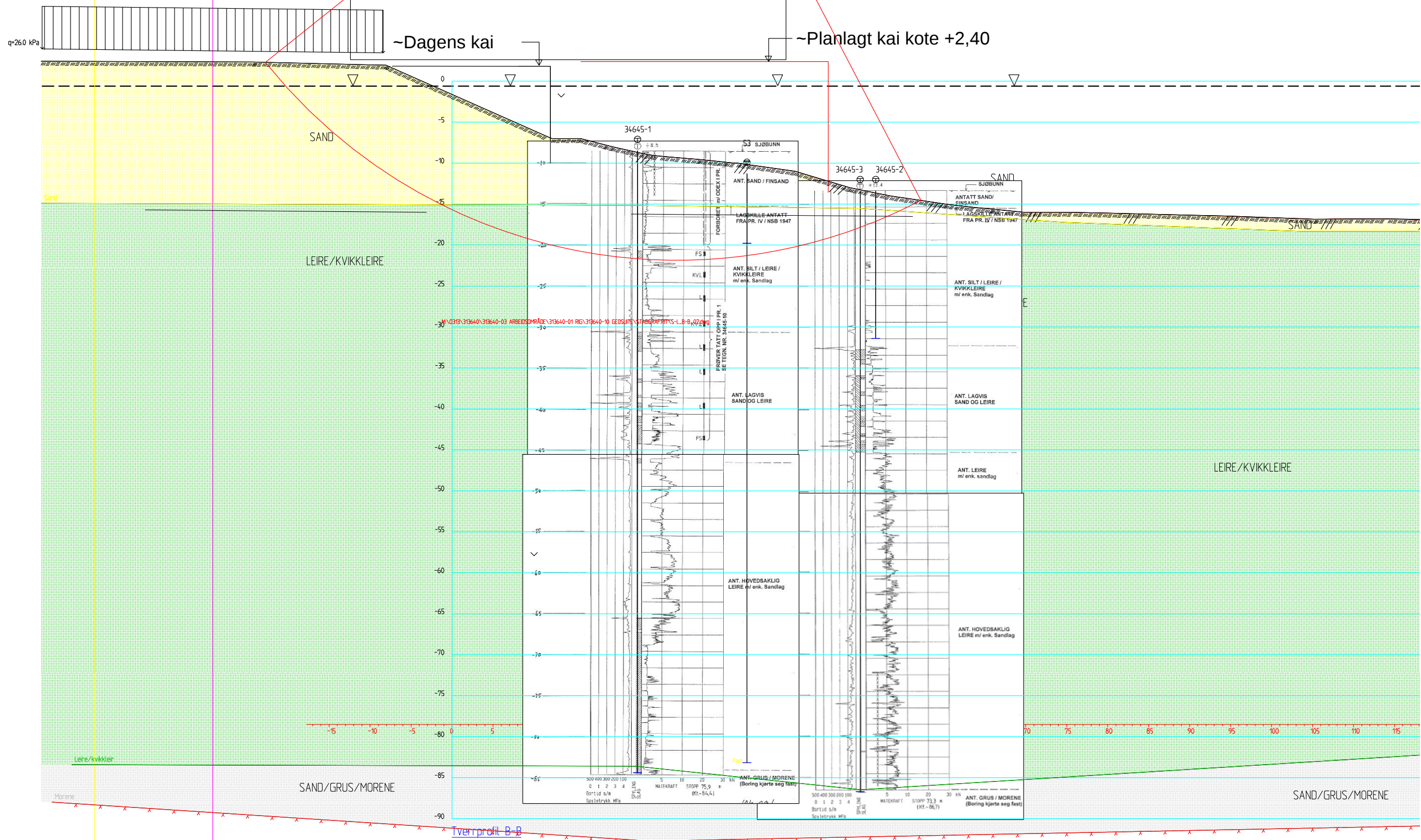


Tverrprofil B-B

Beregningsprofil B-B
Beregning nr. 3

$F_{c\varphi} = 168$

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Sand	19.00	9.00	29.3	0.0				
Leire/kvikkleir	18.00	8.00	18.4	17				
Morene	19.00	9.00	32.0	0.0				



Tverrprofil B-B