

Statens vegvesen Region Sør

Eg – Sødal. Ny bru.

Geoteknisk parameterrapport Sødal

5151245-RIG03, rev 03.

2016-08-17 Oppdragsnr.: 5151245



SHY

03	2016-08-17	Tegning V002 revidert	RaSaa	SHY	KOH
02	2016-03-04	Revidert etter merknader fra UAK	RaSaa	SHY	KOH
01	2016-02-06	Revidert etter merknader fra UAK og supplerende grunnundersøkelser	RaSaa	SHY	KOH
0	2015-10-15	Til oppdragsgiver og uavhengig kontroll	RASAA EEVAN/	SHY	KOH
Rev.		Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Innhold

1	Innledning	6
2	Beregningsforutsetninger	8
2.1	Regelverk og metodikk	8
2.2	Faregrad og tiltakskategori	8
2.3	Datagrunnlag	9
2.4	Stabilitetsanalyser	10
2.5	Materialfaktor	10
2.6	Laster	10
2.7	Erosjon	10
2.8	Kvalitetssikring av uavhengig foretak.	10
3	Utstrekning kvikkleirefaresonen og lagdeling	11
3.1	Utstrekning kvikkleirefaresonen	11
3.2	Vurderte profiler	11
3.3	Lagdeling	12
4	Materialparameterne	13
4.1	Tyngdetetthet	13
4.2	Overkonsolidering	13
4.3	Styrkeparametere	14
4.3.1	Anisotropi forhold	14
4.3.2	Tolkning av skjærfasthet fra trykksonderinger	15
4.3.3	Tolkning av skjærfasthet fra treaksialforsøkene	16
4.3.4	Tolkning av skjærfasthet fra vingeboringer	17
4.3.5	Anbefalt skjærfasthet	18
4.3.6	Karakteristiske drenerte styrkeparameterne	18
5	Poretrykkforhold	19
5.1	Poretrykk Sødal	19
5.2	Poretrykk For boligprosjektet Daniels Stykke	19
5.3	Antatt poretrykkforhold Sødal	19
6	Referanser	20

Bilag

- A Tolkning trykksonderinger og udrenert skjærstyrke
- B Tolkning av effektivspenningsparametere fra treaksialforsøk
- C Poretrykksmålinger

Tegninger

- V002 Kvikkleirefaresonen
- V003 Situasjonsplan med profiler
- V101 Snitt 1 - lagdeling
- V111 Snitt 2 - lagdeling
- V121 Snitt 3 - lagdeling
- V131 Snitt 4 - lagdeling
- V141 Snitt 5 - lagdeling

Sammendrag

Rapporten inneholder beregningsforutsetninger, materialparametere og lagdeling for å kunne utføre stabilitetsberegninger på Sødal i Kristiansand. Grunnlaget er hentet fra grunnundersøkelser utført av Statens vegvesen i perioden januar 2015 til januar 2016.

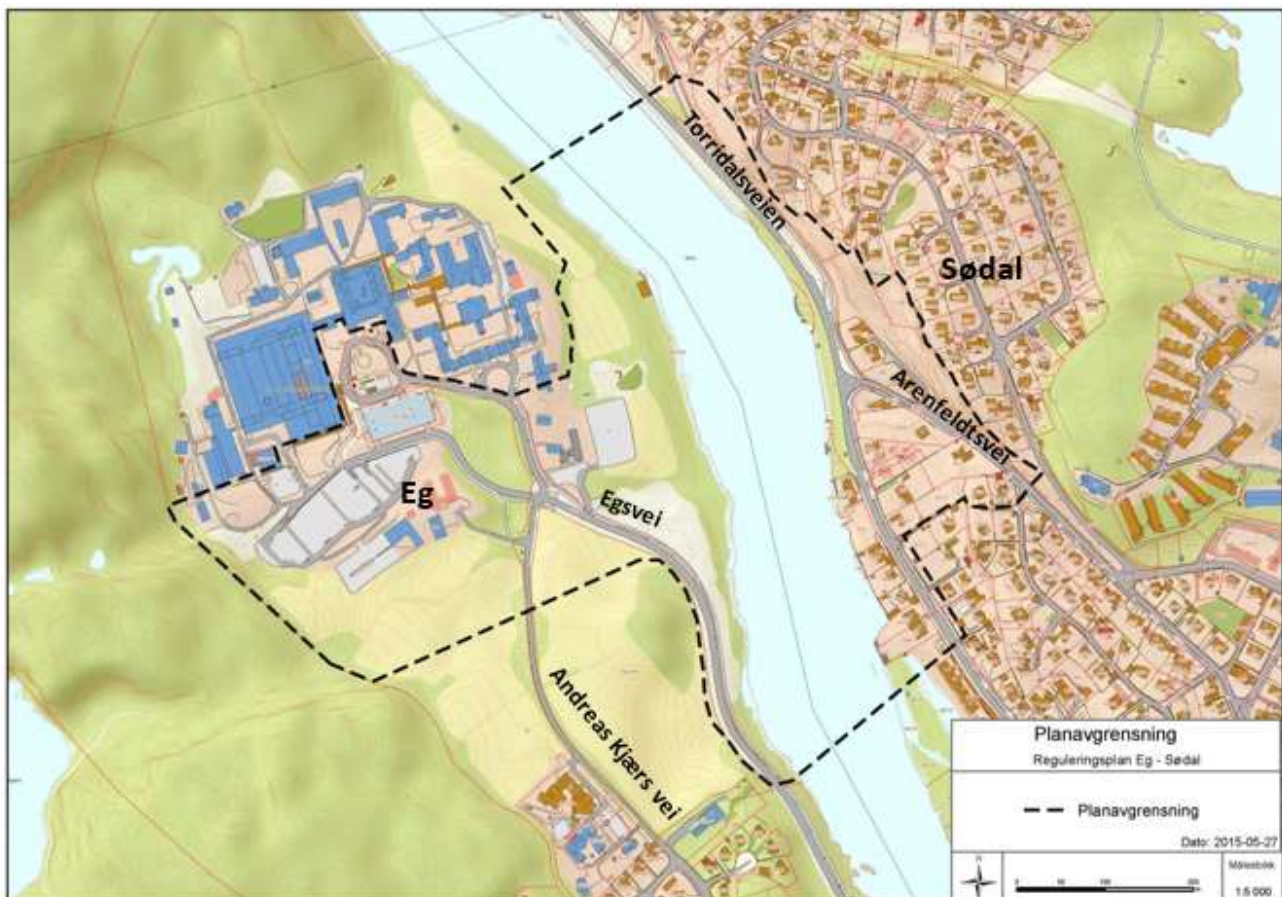
Tolkning av styrkeparametere er basert på trykksonderinger og laboratorieforsøk. Anbefalte designprofiler er vist i bilag A. Det er utført trykksonderinger i to omganger i Otra fordi sonden brukt for de opprinnelige sonderingene var defekt og resultatene upålitelige.

Det er utført uavhengig kontroll av rapporten av Rambøll.

1 Innledning

Norconsult har fått i oppdrag fra Statens vegvesen Region sør å utarbeide en detaljreguleringsplan med konsekvensutredning for ny bru fra Eg til Sødal i Kristiansand. Ny bru skal bidra til å øke beredskap og tilgjengelighet til sykehuset og gi et mer attraktivt og tilgjengelig tilbud for gående og syklende samt for kollektivtrafikk. Ny vei skal også bedre trafikksikkerheten.

Planområdet omfatter areal rundt krysset Arenfeldts vei/Torridalsveien på Sødal-siden, kryssing over elven og et areal på sørsiden av sykehuset og vestover på Eg-siden. Elvebredden på begge sider er inkludert både oppstrøms og nedstrøms, dette med tanke på mulig behov for geoteknisk områdestabilisering.



Figur 1 Planavgrensning for reguleringsplan

En innledende vurdering av områdestabiliteten for Sødalområdet er presentert i Norconsult rapport 5151245-RIG01 (1). I rapporten konkluderes det: *«En innledende grunnundersøkelse viste mulig kvikkleire eller sprøbruddmaterialer på Sødal-siden av Otra. Potensielt løснеområde og aktsomhetsområde begrenser seg på grunn av fjell i dagen i nord og øst. Men fra vest er terrengkriterier ikke tilstrekkelig for å utelukke kvikkleireskredfare i forhold til brua med et initialskred fra elvekanten og bakoverrettet utvikling. Utfyllende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger av utvalgte snitt er nødvendig for å dokumentere tilstrekkelig områdestabilitet».*

Denne parameterrapporten beskriver beregningsforutsetninger, materialparametere, lagdeling og poretrykkforhold for Sødal. Basert på foreliggende parameterrapport vil det bli utført stabilitetsberegninger for utvalgte profiler. Resultater fra beregninger og geotekniske vurderinger vil bli presentert i en egne rapporter.

2 Beregningsforutsetninger

2.1 REGELVERK OG METODIKK

Veglova (2) §12 presiserer at «*Planlegging av riksveg, fylkesveg og kommunal veg skal skje etter reglane om planlegging i plan- og bygningslova*». Ny bru og tilstøtende infrastruktur omfattes derfor av plan- og bygningsloven (3) og dermed forskrift om tekniske krav til byggverk TEK10 (4). Plan- og bygningsloven sier i §28-1 at grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. TEK10 (4) presiserer i §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger at byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger som flom, stormflo og skred.

Sikkerhet mot skred og områdestabilitet vurderes derfor i henhold til TEK10 §7.3 (4), Statens vegvesen Håndbok N200 (5), NVEs retningslinjer 2/2011 (6) og NVEs veileder 7/2014 (7). Vurderinger er begrenset til områdestabilitet og fare for skred i kvikkleire eller sprøbruddmaterialer. Metodikken som beskrevet i (7) er brukt i arbeidet.

NVEs veileder 7/2014 beskriver at omfang og detaljeringsgrad for utredninger i forbindelse med reguleringsplaner er avhengig av reguleringsformål, tiltakskategorier og planområdets beliggenhet i forhold til aktsomhetsområder. Med utgangspunkt i faregrad og tiltakskategori for denne faresonen krever veileder utredning av områdestabilitet med grunnundersøkelser og stabilitetsanalyser. Det vurderes for dette prosjektet at eventuelle nødvendige sikringstiltak i og utenfor planområdet utredes i et slik omfang at en kan dokumentere at planlagt tiltak vil oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred, og at tiltakene kan gjennomføres på skredsikkert vis.

2.2 FAREGRAD OG TILTAKSKATEGORI

Faregrad og tiltakskategori er vurdert i rapport 5151245-RIG01 (1) med henholdsvis faregrad middels og tiltakskategori K4. Denne tiltakskategorien medfører at det er nødvendig å identifisere, avgrense og faregradsevaluere hele faresonen. Det er gjort en ny vurdering av faregrad etter at flere grunnundersøkelser er utført. Dette medfører ingen endring i faregrad eller tiltakskategori selv om noen av faktorene er endret i forhold til vurderingene i innledende fase.

Poretrykkmålingene indikerer et undertrykk, men da måleperioden er relativt kort er det valgt å beholde hydrostatisk poretrykk i evalueringen under.

Tabell 1 vurdering faregradklasse

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				Score	Poeng
		3	2	1	0		
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1	1
Skråningshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	1	2
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2	>2,0	1	2
Poretrykk	Overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	0
	Undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)		
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	3	6
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3	3
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	1	3
Inngrep	forverring	3	Stor	Noe	Liten	2	6
	forbedring	-3	Stor	Noe	Liten		
Sum		51	34	16	0		23
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		45 %

Faregradsklasse **middels**

Tabell 2 vurdering konsekvensklasse

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score				Score	Poeng
		3	2	1	0		
Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt>5	Spredt<5	Ingen	3	12
Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	0	0
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	3	6
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	1	1
Oppdemming/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	1	2
Sum poeng		45	30	15	0		21
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		47 %

Konsekvensklasse: **alvorlig**

2.3 DATAGRUNNLAG

En innledende vurdering av topografi og grunnforhold er beskrevet i rapport 5151245-RIG01 (1).

Topografi er basert på SOSI-data mottatt fra Statens Vegvesen i 2015. I prosjektet benyttes koordinatsystemet Euref89 NTM sone 7 og høydesystem NN2000.

Tilgjengelige relevante grunnundersøkelser for det vurderte området er:

- **Statens vegvesen Region Sør, ressursavdelingen.** Datarapport, Ny lokalbru Eg-Sødal, nr.2014/120085-003 (8)
- **Norconsult AS.** Eg-Sødal.Ny bru. Geoteknisk datarapport 5151245-RIG02, 2015-09-16 (9).
- **Geovita AS.** Daniels Stykke, Kristiansand Boligbygg Geoteknisk rapport, rapportnummer 1473-1, rev. 1, 2001-01-05 (10).
- **Geovita AS.** Daniels Stykke, Kristiansand Boligbygg Stabilitetsforhold, rapportnummer 1473-2, rev. 1, 2001-05-14 (11).

2.4 STABILITETSANALYSER

Stabilitetsanalyser utføres med beregningsprogrammet GeoSuite Stability både med en totalspenningsanalyse ADP for udrenert korttidstilstand og effektivspenningsanalyse for drenert langtidssituasjon.

Alle totalspenningsanalyser utføres ved bruk av såkalte skjærfasthetsprofiler (C-profil) for å definere skjærfastheten i udrenerte lag med relevante anisotropi faktorer. For effektivspenningsanalysene i drenert tilstand utføres beregningene i henhold til vanlig praksis uten anisotropi i styrkeparameterne i bruddflatene.

2.5 MATERIALFAKTOR

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan må det utføres stabilitetsberegninger for to situasjoner. Først må det utføres en områdestabilitetsvurdering i henhold til NVEs veileder 7 (7) for å finne ut hvilke tiltak som må utføres for at stabiliteten til eksisterende situasjon har tilfredsstillende sikkerhet. For faregradklasse middels før utbygging og tiltakskategori K4 er krav for tilfredsstillende sikkerhet i henhold til NVEs veileder 7 enten $F \geq 1,4$, ellers tillates prosentvis forbedring hvis $F < 1,4$. Denne forbedringen tas ut fra veilederens figur 5.1 og baseres på initiell sikkerhetsfaktor.

Videre vil det bli utført stabilitetsberegninger for det planlagt veiprojektet. Nå vil kravene fra Vegvesenets håndbok V220 (12) være gjeldende. Denne beskriver at partialfaktor for lokalstabilitet for enhver konstruksjonsdel i et vegprosjekt skal være 1,6 for konsekvensklasse CC3 meget alvorlig og bruddmekanisme sprøtt, kontraktant brudd. Eventuelle motfyllinger som må etableres er ifølge håndbok V220 å regne som konstruktive tiltak og må også oppfylle kravet om sikkerhet på 1,6. I henhold til diskusjon med Vegdirektoratet kan en partialfaktor på 1,5 aksepteres der det legges motfylling som også vil fungere som erosjonssikring, det vises til møtereferat (13).

2.6 LASTER

I henhold til håndbok V220 (12) skal det benyttes en jevnt fordelt last på hele veiens bredde samt gang- og sykkelvei på 10 kPa. Dimensjonerende last blir dermed 13 kPa. Det legges i tillegg en last på terreng på 5 kPa for å ta hensyn til eventuelle snølaste og usikkerheter i terrengmodellen. Lastkoeffisient er 1,3.

2.7 EROSJON

NVEs veileder 7/2014 (7) sier at erosjon som kan gi negativ påvirkning på stabiliteten i tiltaksområdet skal stoppes ved erosjonssikring. Potensial for erosjon langs Otra og eventuelle nødvendig tiltak vurderes i et eget notat.

2.8 KVALITETSSIKRING AV UAVHENGIG FORETAK.

NVE anbefaler i (7) at områdestabilitetsvurderinger for tiltakskategori K4 kvalitetssikres av uavhengig foretak for å sikre tilstrekkelig kvalitet på utredningen av områdestabilitet i forbindelse med både arealplanlegging, byggesøknader og prosjektering.

Kvalitetssikring av uavhengig foretak i henhold til henhold til NVE veileder 7/2014 §5.3 utføres av Rambøll.

3 Utstrekning kvikkleirefaresonen og lagdeling

3.1 UTSTREKNING KVIKKLEIREFARESONEN

Grunnundersøkelser viser at utstrekning og mektighet av kvikkleire er varierende i området. Sonderinger og prøveserier er grunnlag for påvisning og tolkning av materialtype i de ulike borpunktene som vist på tegning V002. Tegningen viser borpunkter med dokumentert kvikkleire ($c_{ur} < 0,5$ kPa) eller sprøbruddmateriale ($c_{ur} < 2,0$ kPa og $St > 15$), borpunkter med antatt kvikkleire eller sprøbruddmateriale og borpunkter der det ikke er sprøbruddmateriale.

Antatt utstrekning av den «faregradsklassifiserte» kvikkleirefaresonen er også vist i tegningen V002. Mot nord og øst er det bergblotninger som begrenser løsneområdet og dermed faresonen. Mektigheten av kvikkleire og dybde til berg opp Arenfeldts vei er ukjent (ikke undersøkt), men terrengformasjonen med berg i dagen langs veien begrenser sonen til en eventuell smal stripe som brer seg østover.

Mot sør er det påvist kvikkleire gjennom grunnundersøkelser utført for boligprosjektet Daniels stykke (10). Det antas at kvikkleire / sprøbruddmateriale er sammenhengende på Sødal på grunnlag av totalsondering 602. Sonen med kvikkleire strekker seg imidlertid kun noen meter ut under Otra. Det ser man fra totalsonderingene 601 og 725. Totalsonderingen i 601 viser at det er 14 m friksjonsmasser over ikke-sensitiv leire over berg og totalsonderingen i 725 viser at det er ca. 12 m med friksjonsmasser over leire med tynne lag av friksjonsmasser, over berg.

For ny bru Eg - Sødal er det ikke nødvendig å utrede områdestabilitet lenger sør enn Notøyen på grunn av topografi og maksimal tilbakevirkende utstrekning av et initialscred her. Utstrekning av kvikkleirefaresonen lenger sør enn Notøyen er derfor ikke vurdert i dette oppdraget.

Utløpsområde for denne kvikkleirefaresonen er mot og ned i Otra.

3.2 VURDERTE PROFILER

I det vurderte området varierer både topografi og grunnforhold, spesielt dybde til berg og mektighet av kvikkleire. Det er derfor valgt fem representative snitt for å vurdere områdestabiliteten. Disse er vist på tegning V003 sammen med plassering av utførte grunnundersøkelser.

- **Snitt 1;** Representativ profil som har med Påskebjerg-plataet og dermed har større høydeforskjeller på land enn resten av Sødalsiden, samtidig som mektighet av kvikkleire er avtakende mot nord og berg kommer opp i dagen.
- **Snitt 2;** Profil gjennom planlagt fremtidig brulinje.
- **Snitt 3;** Profil gjennom den dypeste delen av Otra og dermed størst høydeforskjell under vann.
- **Snitt 4;** Profil med representativ topografi mellom planlagt ny bru og Notøyen.
- **Snitt 5;** Profil for vurdering av tiltak foran eksisterende hager

Plassering av borpunktene er valgt for å fremskaffe relevante geotekniske data for disse representative og antatt kritiske profilene.

3.3 LAGDELING

Lagdeling er basert på grunnundersøkelser og vist på vedlagte tegninger for de forskjellige profilene.

Tabell 3 Lagdeling

Lag	Beskrivelse
I	Sand
II	Leire, OC
III	Sand
IVa	Kvikk/sensitiv leire, OC
IVb	Leire, ikke sensitiv, OC
V	Sand/morene

Lag II er påvist lokalt i borpunktene 501 og 505 rundt ca. kote +5,0.

Borpunkt 613 ligger i en lokal forsenkning i terrenget, og totalsonderingen tyder på leire fra tilnærmet terreng til 6 m dybde over morenemasser over berg på 8,5 m dybde. Prøvetakingen viser middels fast siltig leire med planterester i de øverste 4 meterne (ikke rapportert i andre borpunkter) og konstant høyt vanninnhold (55-60%). Prøveserien er avsluttet i 6 m dybde.

Terrengformen kan tyde på en gammel skredgrop eller et erodert område (for eksempel på grunn av en tidligere avrenning/bekk) mellom Påskebjerget og skråningen rett sør for borpunkt 613. Området er nok delvis fylt opp naturlig med leire eller fyllmasser i nyere tid. Området tolkes som et lokalt område med redusert skjærstyrke og er tatt hensyn til i snitt 2.

I Otra er det registrert en annerledes lagdeling enn på land. Sandlaget i toppen er tilnærmet ikke-eksisterende og mektigheten av kvikkleire er en god del mindre. Prøveserie 641 viser kvikkleire/sprøbruddmateriale i toppen (ned til antatt 3-4 m dybde) og bunnen av profilet (fra ca. 14 til 19 m dybde). Totalsonderingene utført i elven indikerer tilsvarende forhold med en lomme med leire uten sprøbruddegenskaper med kvikkleire/sprøbruddmateriale i toppen og bunnen av sonderingene.

4 Materialparameterne

4.1 TYNGDETETHET

Tyngdetetthet (romvekt) er basert på laboratorieundersøkelser og erfaringsverdier. Det er valgt å benytte en øvre gjennomsnittverdi fra prøvene i de ulike lagene.

Tabell 4 Tyngdetetthet

Lag	Beskrivelse	Tyngdetetthet [kN/m ³]
I	Sand	18
II	Leire, OC	18
III	Sand	18
IVa	Kvikkleire (sensitiv) OC	17,5
IVb	Leire (ikke sensitiv) OC	17
V	Sand/morene	19

4.2 OVERKONSOLIDERING

Prekonsolideringsspenning σ'_c er tolket fra de forskjellige ødometerforsøkene med metoden angitt i (14). Beregnet tidligere overlaging Δz er vist i tabellen nedenfor. Det er antatt en gjennomsnittlig tyngdetetthet på 17,5 kN/m³ og hydrostatisk poretrykk. Tabellen viser også eksisterende effektiv vertikalspenning σ'_{v0} og overkonsolideringsgrad OCR, som er forholdet mellom prekonsolideringsspenning og effektiv vertikalspenning.

Tabell 5 Overkonsolidering fra ødometerforsøk

Borpunkt	Terreng-kote	Dybde (m)	Jordart beskrivelse	σ'_{v0} [kPa]	σ'_c [kPa]	Δz [m]	Antatt tidligere terrengkote	OCR [-]
501	+ 8,85	4,5	Leire, sprø	78,75	212	23,8	32,65	2,7
		7,72	Leire, kvikk	110,4	422,5	48,6	57,45	3,8
		17,58	Leire, kvikk	184,35	337,5	27,42	36,27	1,8
504	+ 7,98	3,6	Sand/silt	63	152	16,7	24,68	2,4
		8,58	Leire, kvikk	108,15	261,3	26,24	34,22	2,4
		12,58	Silt	138,3	*	-	-	-
506	+ 12,75	5,47	Leire	95,73	**	-	-	-
		8,67	Leire	132,52	210	19,33	32,08	1,6

641	- 4,40	4,4	Leire	33	293	34,7	+30,3	8,9
		12,4	Leire	93	480	51,6	+47,2	5,2
		17,4	Kvikk leire	130,5	430	39,9	+35,5	3,3
643	- 0,85	7,7	Leire	57,75	382,5	43,3	+42,45	6,6
		13,55	Leire	101,55	400	39,78	+38,93	3,9
		18,58	Leire	139,35	547,5	54,42	+53,57	3,9

Forklaring til tabell:

* Det var vanskelig å vurdere prekonsolideringstrykk, antatt prøveforstyrrelse.

** Det er antatt at de øverste meterne er normalkonsolidert, at det er masser som er tilført senere enn massene i dybden, og dermed ikke har hatt tilsvarende overlaging.

Det er også utført 3 ødometerforsøk på prøver fra dybde 4,6 m, 5,4 m og 7,4 m i borpunkt P8 i den supplerende grunnundersøkelsen for Daniels Stykke (11). På grunn av prøveforstyrrelse viser disse ødometerforsøkene ikke riktig overkonsolideringstrykk, men alle forsøkene viser at materialet er betydelig overkonsolidert. Antatt overkonsolideringsgrad er i størrelsesorden 3 - 5.

Konsolidering i området har sannsynligvis primært vært på grunn av geologisk overlaging og erosjon av tidligere terreng kombinert med endring i grunnvannstand i denne erosjonsdalen. Basert på resultatene over er det antatt et tidligere terreng på kote +33 på Sødal.

4.3 STYRKEPARAMETERE

For hvert borpunkt med en trykksoneering er det anbefalt et karakteristisk aktivt skjærfasthetsprofil (c_{UC}) mot dybden basert på tolkning av trykksoneering, resultater fra eventuelle laboratorieundersøkelser og resultater fra eventuell vingebooring.

SHANSEP metoden (15) er også brukt for å vurdere udrenert skjærstyrke:

$$c_u = a * \sigma'_{v0} * OCR^m$$

med $\alpha = 0,25$ og $m = 0,65$. Dette ligger i nedre del av spekteret (16).

Ved etablering av karakterisk c_{UC} -profil er NC-linjen $c_{UC} = 0,25 \cdot p_0'$ antatt å være en nedre begrensning. Anbefalte karakteristiske skjærstyrkeprofiler er presentert i bilag A sammen med trykksoneeringstolkninger og relevante laboratorieresultater.

4.3.1 Anisotropi forhold

Skjærstyrken i leire er avhengig av bruddmekanismen den utsettes for, et brudd deles i hovedsak i tre forskjellige soner; aktiv, direkte og passiv sone med tilhørende skjærstyrkeprofiler. Dette kalles anisotropi.

Det er i dette prosjektet utført forsøk for bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet (c_{UC}), men ikke for direkte udrenert (c_{UD}) og passiv udrenert skjærfasthet (c_{UE}). For å ta hensyn til de forskjellige skjærstyrkene innføres det derfor anisotropifaktorer på det aktive styrkeprofil for å bestemme direkte og passiv styrke.

Korrelasjon mellom anisotropi i skjærfasthet og plastisitetsindekset for norske leirer presentert i NIFS rapport 14/2014 *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer* (17).

$$\begin{aligned} c_{UD}/c_{UC} &= 0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10) \text{ for } I_p > 10\% & (0,63 \text{ for } I_p \leq 10\%) \\ c_{UE}/c_{UC} &= 0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10) \text{ for } I_p > 10\% & (0,35 \text{ for } I_p \leq 10\%) \end{aligned}$$

Plastisitetsindeksen I_p inngår i prosent (%).

Det utførte laboratoriearbeidet viser at plastisitetsforholdet i leire for hele det undersøkte området varierer mellom 5 til 25% og følgende anisotropiforhold for alle leirlagene er antatt i henhold til NIFS anbefalingen:

Tabell 6 Plastisitetsindeks og anisotropi forhold

	I_p	C_{uD}/C_{uC}	C_{uE}/C_{uC}
Leire (ikke sprøbruddmateriale)	20%	0,67	0,39
Kvikkleire og sprøbrudd leire	15%	0,65	0,37

4.3.2 Tolkning av skjærfasthet fra trykksonderinger

Udrenert aktiv skjærfasthet (C_{uC}) fra trykksonderinger (CPTU) er tolket etter metodene beskrevet i Lunne et al. (18) og i Karlsrud, K. et al. (19). Sistnevnte metode er avhengig av overkonsolideringsgrad, OCR, Sensitivitet, S_t , og plastisitetsindeks, I_p . For hver trykksondring er overkonsolideringen vurdert basert på relevante ødometerforsøk og korrelasjoner som beskrevet i (19). Sensitivitet, S_t , og plastisitet, I_p , er vurdert fra indeksforsøk for å bestemme faktorene N_{kt} og N_{Au} .

Ut fra anbefalingen i NVEs veileder (7) reduseres den dimensjonerende aktive skjærfastheten med 15 % i kvikkleire og sprøbruddmateriale ved utledning av karakteristisk udrenert aktiv skjærfasthet fra trykksonderinger. Dette implementeres gjennom tilpasning av relevante anisotropifaktorer i analysene.

Trykksonderinger plasseres i anvendelsesklasser basert på nullpunktsavvik for å kunne vurdere bruksområde for sonderingene. Anvendelsesklasse er vurdert etter NGF melding 5 (20) for alle trykksonderinger som vist i tabellen nedenfor:

Tabell 7 CPTU anvendelsesklasse

Borpunkt	Sonde	Anvendelsesklasse	Kommentar
501	51207	3	Grunnet nullpunktsavvik på spissmotstand (kPa kriteriet)
502	51207	1	
504	51207	1	
506	51207	4	Grunnet nullpunktsavvik på poretrykk (% kriteriet)
604	51207	2	
605	50661	4	Sondering fra flåte i Otra, se diskusjonen nedenfor
640	50661	4	Sondering fra flåte i Otra, se diskusjonen nedenfor
641	50661	4	Sondering fra flåte i Otra, se diskusjonen nedenfor
643	50661	4	Sondering fra flåte i Otra, se diskusjonen nedenfor
706	51307	1	
707	51307	1	
708	51307	2	
717	51307	3	Grunnet nullpunktsavvik på spissmotstand (kPa kriteriet)
723	51307	1	

Alle sonderinger som ble utført fra flåte i Otra med sonden 50661 viste store nullpunktsavvik for spissmotstand som resulterte i anvendelsesklasse 4. Rekalibrering av sonden etter feltarbeidet hos leverandøren ENVI konkluderte med at resultater fra denne sonden har stor usikkerhet på grunn av flere feil. Resultatet fra disse sonderingene (punkt 605, 640, 641 og 643) ble vurdert som ubrukelige for å tolke skjærfasthet.

Det ble derfor gjennomført nye trykksonderinger i Otra i utvalgte borpunkter. Disse havnet stort sett i anvendelsesklasse 1 eller 2 og kan i henhold til NGF melding 5 (20) brukes til å tolke skjærfasthet. Sonderinger i klasse 3 brukes også for å tolke skjærfasthet, men da sammen med resultat fra laboratorieforsøk.

4.3.3 **Tolkning av skjærfasthet fra treaksialforsøkene**

Tolket udrenert aktiv skjærfasthet (c_{uc}) fra treaksialforsøkene er oppsummert i tabellen nedenfor og presentert i relevante trykksonderinger i bilag A.

For bestemmelse av konsolideringsspenninger ble det først utført et ødometerforsøk for det aktuelle borhullet. For bestemmelse av OCR ble det brukt en blanding av to metoder;

- 1) Prekonsolideringsspenningen fra ødometerforsøket regnet om til en OCR
- 2) Trykksonderinger tolket etter metoden til Karlsrud et al. (19) og OCR hentet ut av disse tolkningene.

K_0' ble bestemt etter metoden til Brooker og Ireland (21); det ble antatt en plastisitetsindeks på 15 for alle prøver.

Tabell 8 Skjærfasthet tolket fra treaksialforsøk

Borpunkt	Dybde [m]	Jordart	Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uc} [KPa]	Aksial bruddtøyning ϵ_{af} [%]
501	9,58	Leire	77	0,8
501	13,48	Leire	67	0,9
504	7,56	Leire	52	1,2
504	11,45	Leire	65	0,8
506	6,68	Leire	46,5	1,6
613	4,68	Leire	29	1,5
641	6,4	Leire	51	2,0
641	8,5	Leire	61	1,6
643	11,61	Leire	66,5	1
643	15,56	Leire	81	1,3

Klassifisering av forsøk og prøve kvalitet er vurdert i henhold til Håndbok V220 (12) og NGF melding 11 (22) i tabellen nedenfor.

Tabell 9 Prøve kvalitet treksialforsøk

Borpunkt	Dybde [m]	OCR	$\Delta e/e_0$	ϵ_{v0} [%]	Klassifisering forsøk (håndbok V220 figur 2.20)	Prøve kvalitet (håndbok V220 figur 2.21)	Prøve kvalitet (NGF melding 11 tabell 6)
501	9,58	2,0	0,012	0,727	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
501	13,48	1,8	0,029	1,541	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
504	7,56	2,4	0,024	1,391	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
504	11,45	2,1	0,013	0,777	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
506	6,68	1,7	0,031	1,854	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
613	4,68	-	0,005	0,276	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
641	6,4	6,8	0,021	1,2	Godt forsøk	Meget god	God til brukbar
641	8,5	5,4	0,021	1,3	Godt forsøk	Meget god	God til brukbar
643	11,61	4,4	0,014	0,793	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket
643	15,56	3,5	0,011	0,666	Godt forsøk	Meget god	Veldig god til utmerket

Tabellen viser at de fleste treksialforsøkene har god kvalitet.

4.3.4 Tolkning av skjærfasthet fra vingeboringer

Det finnes diverse veiledninger for korrigerende av resultater fra vingeboring, som f.eks. i Norsk Geoteknisk Forening veiledning for utførelse av vingeboring (23). Det er valgt å korrigere resultatene fra vingeboringer ved å benytte korrelasjoner mellom $C_{u,ving}$ og $C_{u,lab}$ basert på effektivt overlagingstrykk (p_0') som er beskrevet i Gunnar Aas sitt foredrag *Geotekniske dimensjoneringsparameterne, tolkning av vingeboringer* (24). $C_{u,lab}$ er der definert på følgende måte:

$$C_{u,lab} / p_0' = (C_{uC} / p_0' + C_{uD} / p_0' + C_{uE} / p_0') / 3 \approx (C_{u,ving} / p_0')_{korr}$$

Der C_{uC} , C_{uD} og C_{uE} er bestemt med aktivt treksialtest, direkte skjærforsøk og passivt treksialtest. Følgende korrelasjon er benyttet ved korrigeringen (tilpasning til måledata presentert i figur 3 i (21)):

$$C_{u,lab} = C_{u,ving} / (3,7616 \cdot (C_{u,ving} / p_0')^3 - 7,9446 \cdot (C_{u,ving} / p_0')^2 + 6,0166 \cdot (C_{u,ving} / p_0') - 0,0034)$$

Resultatene fra korreksjonen vurderes å kunne likestilles med direkte skjærfasthet. Tolkninger er presentert sammen med relevante trykksonderingsresultater i bilag A.

4.3.5 **Anbefalt skjærfasthet**

I utgangspunktet er det følgende rekkefølge som gjelder ved bestemmelse av designprofil for skjærstyrke:

1. Treksialforøk
2. Trykksonderinger
3. Indeksforsøk i laboratorie
4. Vingeboringer

For området på land er denne rekkefølgen gjeldende, designprofilene er stort sett lagt gjennom treksforsøkene.

For borhullene i Otra ligger derimot resultatene fra treksforsøkene en del lavere enn forventet, de ligger lavere enn både trykksonderingstolkningene og resultatet fra indeksforsøkene. Forklaringen kan være at konsolideringsspenningene har vært for små. Ved bestemmelse av K_0 inngår det flere parametere man ikke nødvendigvis har kjennskap til på det tidspunktet forsøkene skal utføres, for eksempel tyngdetetthet og plastisitetsindeks. Det kan dermed være at K_0 er blitt valgt for liten, som resulterer i for lav skjærfasthet (forutsatt at bruddtaket er fast). For disse borhullene er skjærfastheten basert på trykksonderingene sammen med indeksforsøkene.

I noen borhull er det registrert et plutselig fall i den tolkede skjærfastheten fra trykksonderingen, f.eks. i 604. Det er valgt å se bort i fra dette og trekke designprofilet, med tilsvarende helning som over dette fallet, helt ned til bunn av sonderingen. En mulig forklaring kan være at trykksonderingen har kommet inn i totalsonderingshullet hvor det er mer omrørt leire.

For 708 kan man se tilsvarende tendens, her er det imidlertid gjort rutineundersøkelser som også gir dårlig skjærfasthet i denne dybden. Det er derfor valgt å ta hensyn til det svake laget i 708.

4.3.6 **Karakteristiske drenerte styrkeparametere**

Basert på laboratorieforsøkene, parametere brukt av Rambøll for områdestabilitetsvurderinger for Eg-siden og erfaringsverdier er følgende karakteristiske drenerte styrkeparametere brukt.

Alle treksialforsøkene som ble utført for de supplerende boringene, er tegnet opp i ett samplott og vedlagt.

Tabell 10 Karakteristiske drenerte styrkeparametere

Lag	Beskrivelsen	Attraksjon a (KPa)	Friksjonsvinkel (°)
I	Sand	0	33
II	Leire, OC	10	30
III	Sand	0	33
IVa	Kvikkleire (sensitiv) OC	10	30
IVb	Leire (ikke sensitiv) OC	10	30
V	Sand/morene	10	38

5 Poretrykkforhold

5.1 PORETRYKK SØDAL

Det er installert poretrykksmålere i den sensitive leiren i to punkter (501 og 612) i to dybder. Poretrykksmålerne er avlest rett etter installasjon, samt 4 ganger i perioden august 2015 til januar 2016. Det anbefales å måle i en lengre periode for å kunne vurdere eventuelle årstidsvariasjoner og effekt av ekstremnedbør over tid samt vurdering om antatt poretrykksforhold er representativ. De foreløpige måleresultatene viser:

- *Borpunkt 501* ved Torridalsveien og toppen av skråningen ned til Otra med terrengkote +8,85 m og filterspiss på kote +1,9 m og -4,4 m. Ekstrapolert grunnvannsnivå er ca. kote +3,6 m med antatt hydrostatisk poretrykk fra det øverste målepunktet på kote +1,9 m. I det nederste målepunktet på kote -4,4 m er det målt svak lavere poretrykk enn hydrostatisk.
- *Borpunkt 612* ca. 50 m fra skråningstoppen med terrengkote +11,65 m og filterspiss på kote +2,1 m og -3,9 m. Ekstrapolert grunnvannsnivå er kote ca. +6,2 m med antatt hydrostatisk poretrykk fra det øverste målepunktet på kote +2,1 m. I det nederste målepunktet på kote -3,9 m er det målt et lavere poretrykk enn hydrostatisk.

Poretrykksmålinger understøttes videre av observert grunnvannsnivå ved prøvetakinger under grunnundersøkelsen.

5.2 PORETRYKK FOR BOLIGPROSJEKTET DANIELS STYKKE

For Boligprosjektet Daniels stykke ble grunnvannsnivået antatt å stige fra Otra med middelvannstand kote +0,0 ved foten av skråningen til ca. kote + 5,0 oppe ved Torridalsveien. Det ble plassert 2 poretrykksmålere for dette boligprosjektet:

- P1 ved Torridalsveien med terrengkote + 10,0 m og filterspissen på kote +3,0 m var tørr i alle målinger gjort i februar og mars 2002. Grunnvannsnivået ligger sannsynligvis under kote +3,0 m.
- P2 i skråningen med terrengkote + 5,0 m og filterspissen på kote -1,0 m var tørr i februar 2002 etter installasjon av måleren. Grunnvannsnivået i målinger gjort i mars 2002 var på kote +2,14, +1,84 og +1,74 m.

Høydesystem for Boligprosjektet Daniels stykke er ikke nevnt, kotehøyder er sannsynlig i NN1954.

5.3 ANTATT PORETRYKKFORHOLD SØDAL

Med poretrykksmålinger i kun en begrenset periode, antas det et konservativ hydrostatisk poretrykksprofil i stabilitetsanalyser med stigende grunnvannsnivå fra Otra til ca. kote +3,6 m ved Torridalsveien og toppen av skråningen ned til Otra og videre stigende til ca. kote +6,0 m 50 m fra skråningstoppen. Poretrykksforhold er presentert i bilag C

6 Referanser

1. **Norconsult AS.** *Innledende områdestabilitetsvurdering Sødal, rapport 5151245-RIG01, rev 0.* Sandvika, 2015.
2. **Samferdselsdepartementet.** *Lov om vegar (veglova).*
3. **Kommunal- og moderniseringsdepartementet.** *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).*
4. **Kommunal- og moderiniseringsdepartementet.** *Forskrift om tekniske krav til byggverk TEK10 (Byggteknisk forskrift).*
5. **Statens vegvesen.** *Håndbok N200 Vegbygging.* Vegdirektoratet, 2014.
6. **NVE.** *Retningslinjer 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplaner, revidert 2014.5.22.*
7. **NVE.** *Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.* Oslo : Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014. Veileder 7. ISSN 1507-0678.
8. **Statens vegvesen Region Sør, ressursavdelingen.** *Datarapport, Ny lokalbru Eg-Sødal, nr.2014/120085-003.*
9. **Norconsult AS.** *Geoteknisk datarapport, rapport 5151245_RIG02, rev A02.* Sandvika, 2016.
10. **Geovita AS.** *Daniels Stykke, Kristiansand Boligbygg Geoteknisk rapport, rapportnummer 1473-1, rev. 1, 2001-01-05.*
11. **Geovita AS.** *Daniels Stykke, Kristiansand Boligbygg Stabilitetsforhold, rapportnummer 1473-2, rev. 1, 2001-05-14.*
12. **Statens vegvesen.** *Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging.* Vegdirektoratet, 2014.
13. **Norconsult AS.** *Møtereferat GEO-01, 21. oktober 2015.*
14. **Karlsruud, K., Hernandez-Martinez, F.G.** Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high quality block samples. *Canadian Geotechnical Journal.* 2013;50(12): ss. 1273-1293.
15. **Ladd, Charles C. og Foott, R.** New Design Procedure for Stability of Soft Clays. *Journal of the Geotechnical Engineering Division.* 1974;100: ss. 763-786.
16. **NVE, Jernbaneverket/SVV.** *Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire State-of-the-art: Blokkprøver. Rapport 41/2013.*
17. **NVE/Jernbaneverket/SVV.** *Naturfareprosjektet. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. Rapport 14/2014.*
18. **Lunne, T., Robertson, P.K., Powell, J.J.M.** Cone penetration Testing in Geotechnical Practice. London : Spoon Press, 2002.
19. **Karlsruud, K., Lunne, T., Kort, D.A., Strandvik, S.** CPTU correlations for clays. *Proceedings of the 16th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.* Osaka, Japan: The sixteenth International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. 2005;2: ss. 693-702.
20. **NGF.** *Melding nr. 5 Veiledning for utførelse av trykksondering, revidert 2010.*

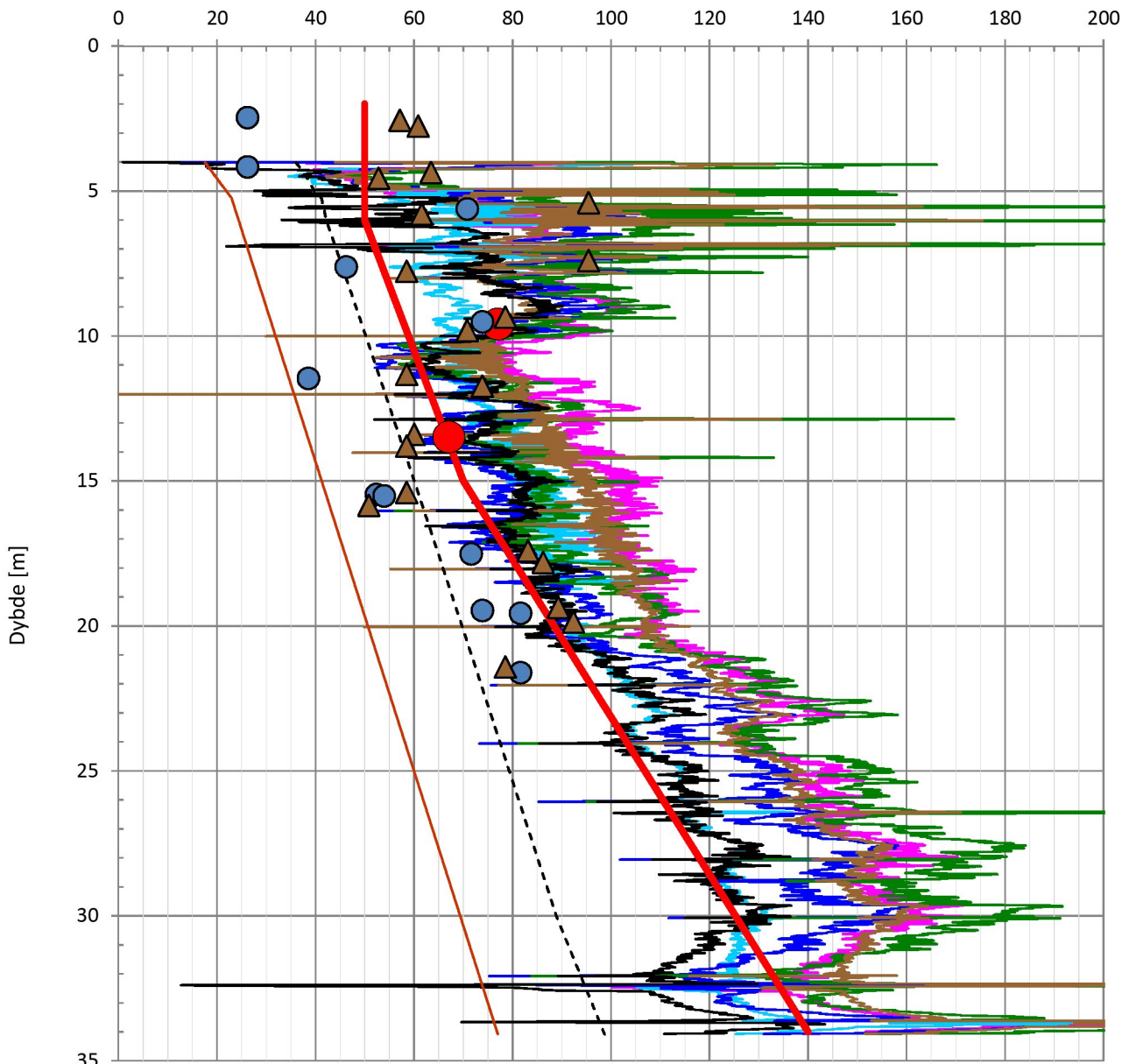
21. **Brooker, E.W., Ireland, H.O.** Earth pressures at Rest Related to Stress History. Canadian Geotechnical Journal. 1965;2: ss. 1-15.
22. **NGF.** *Melding nr. 11 Veiledning for prøvetaking, revidert 2013.*
23. **NGF.** *Melding nr. 4 Veiledning for utførelse av vinge boring, revidert 1989.*
24. **Aas, Gunnar.** *Foredrag Geotekniske dimensjoneringsparameterne, Tolkning av vingeboringer, kursdagene ved NTH, 1983-1-11.*

Bilag A

Tolkning trykksonderinger og udrenert skjærstyrke

ADP verdier brukt for skalering i figur:
 Trecks Pos. 501: $Cu_c/Cu_{cptu} = 1,000$
 Enaks Pos. 501: $Cu_{uc}/Cu_{cptu} = 0,650$
 Konus Pos. 501: $Cu_{fc}/Cu_{cptu} = 0,650$

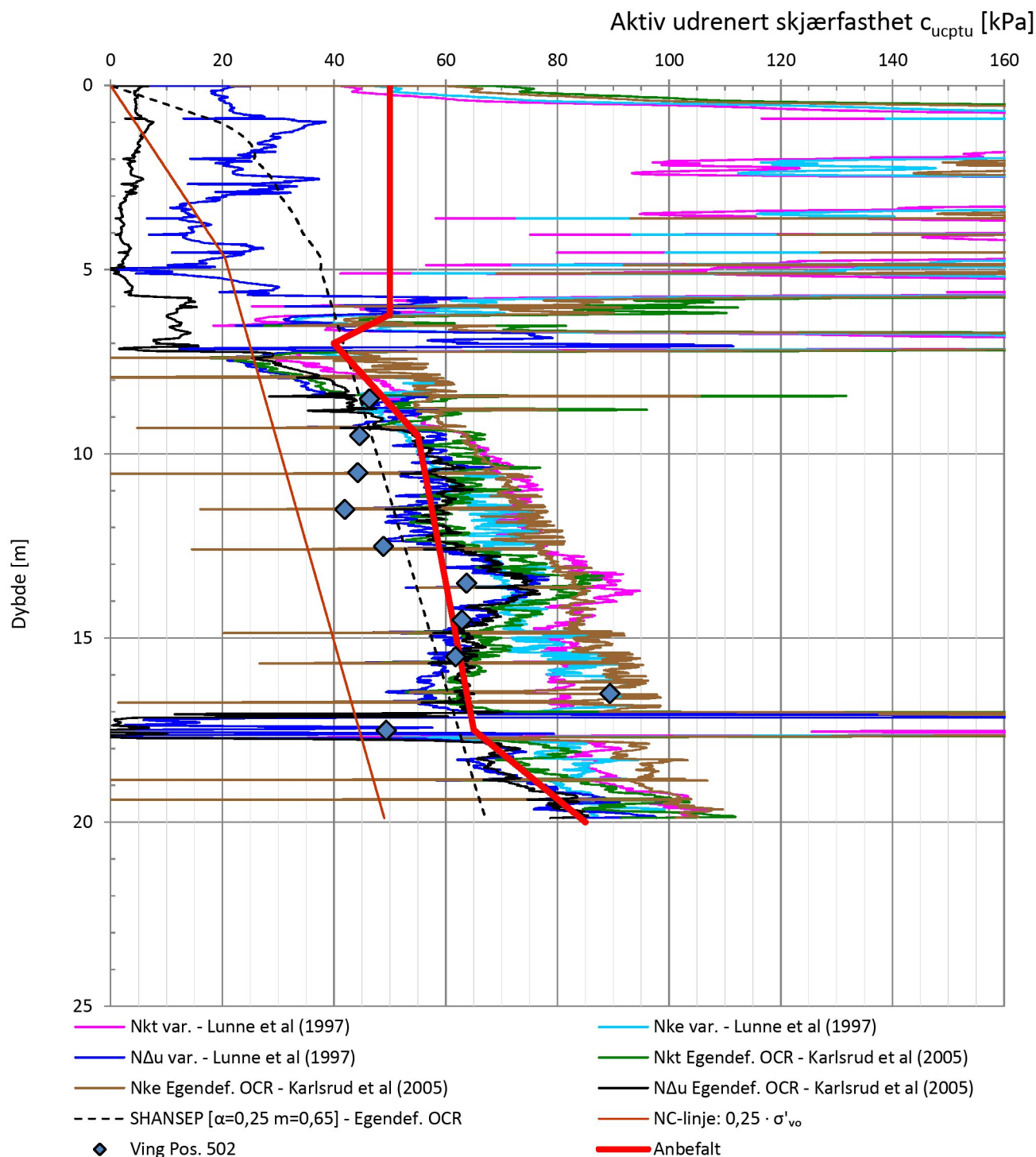
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]




- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- NΔu var. - Lunne et al (1997)
- Nke Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NΔu Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Trecks Pos. 501
- Enaks Pos. 501
- ▲ Konus Pos. 501
- Anbefalt
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NΔu Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- ◆ Ving Pos. 501

Kunde Statens vegvesen Region Sør			Norconsult	
Oppdrag Eg - Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 501
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_u) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 1
Utført RASAA	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 3

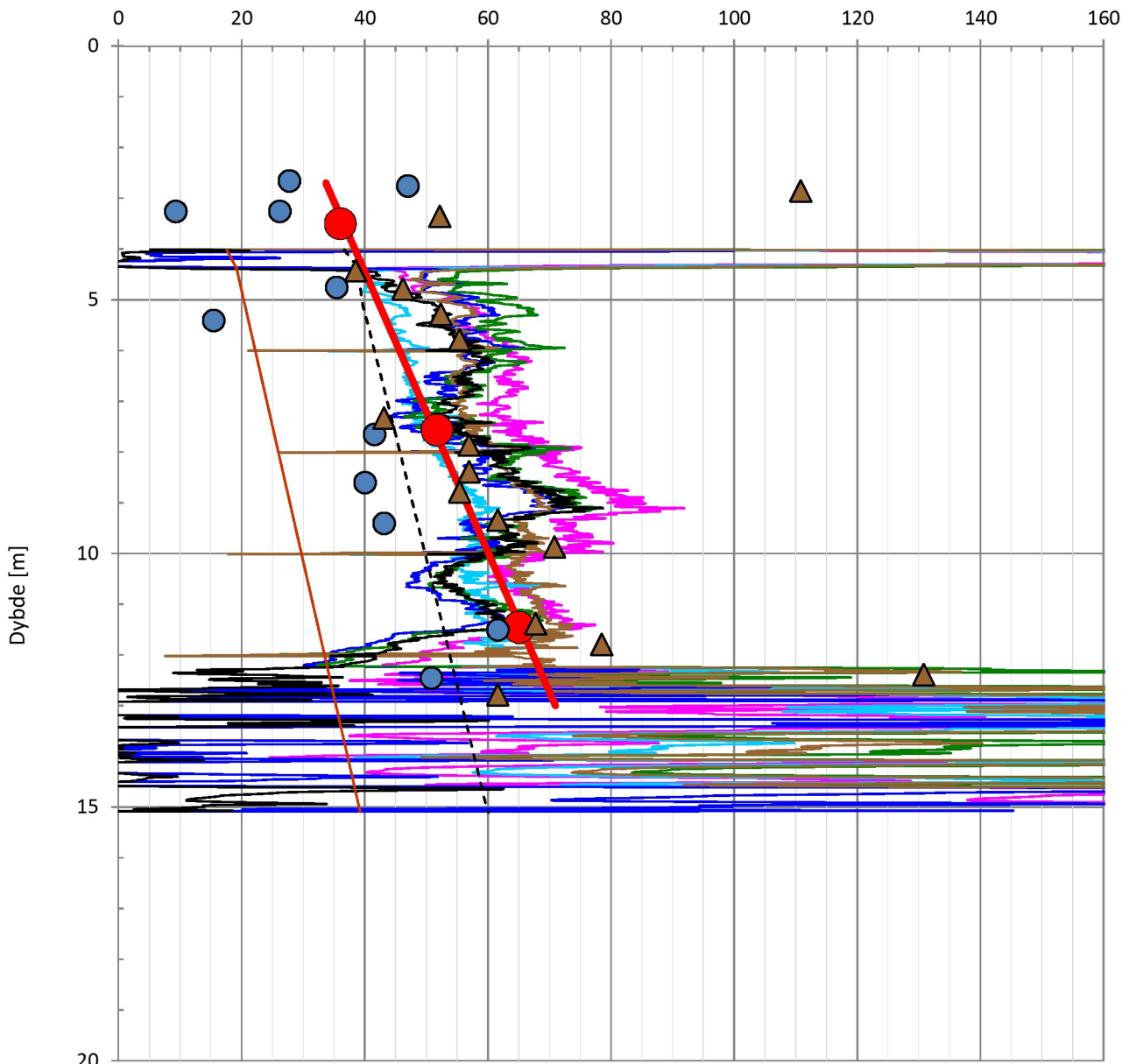
ADP verdier brukt for skalering i figur:
 Ving Pos. 502: $CuD/Cu_{cptu} = 0,650$ - korrigert etter AAS (1983)



Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult 	
Oppdrag Eg - Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 502
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_uC) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 1
Utført RASAA	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 2

ADP verdier brukt for skalering i figur:
 Trecks Pos. 504: $CuC/Cucptu = 1,000$
 Enaks Pos. 504: $Cuuc/Cucptu = 0,650$
 Konus Pos. 504: $Cufc/Cucptu = 0,650$

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]

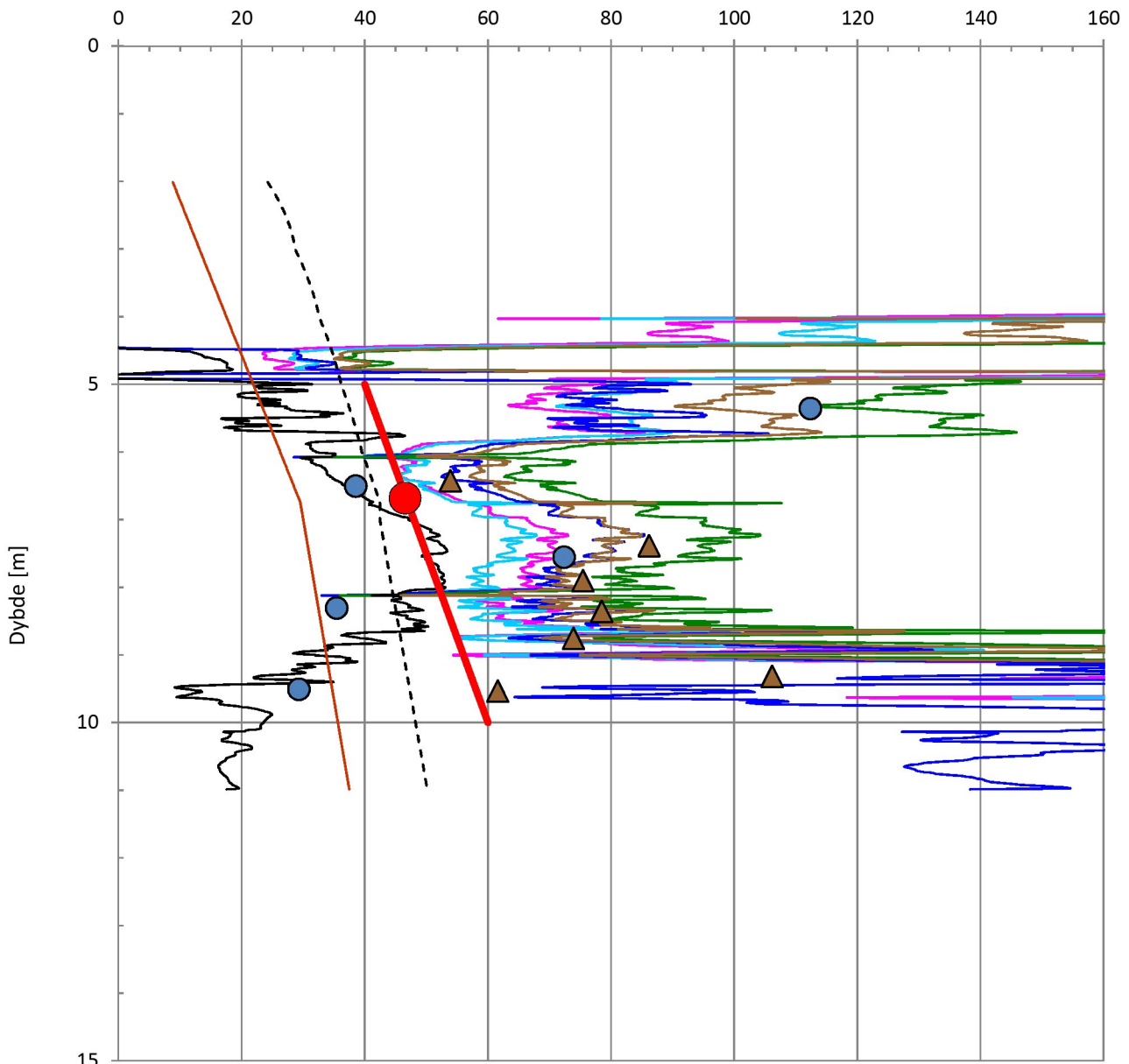


- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- NΔu var. - Lunne et al (1997)
- Nkt Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- Nke Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NΔu Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Trecks Pos. 504
- Enaks Pos. 504
- ▲ Konus Pos. 504
- Anbefalt


Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult	
Oppdrag Eg - Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 504
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_u) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 1
Utført RASAA	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 1

ADP verdier brukt for skalering i figur:
 Trecks Pos. 506: $c_{uc}/c_{ucptu} = 1,000$
 Enaks Pos. 506: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,650$
 Konus Pos. 506: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,650$

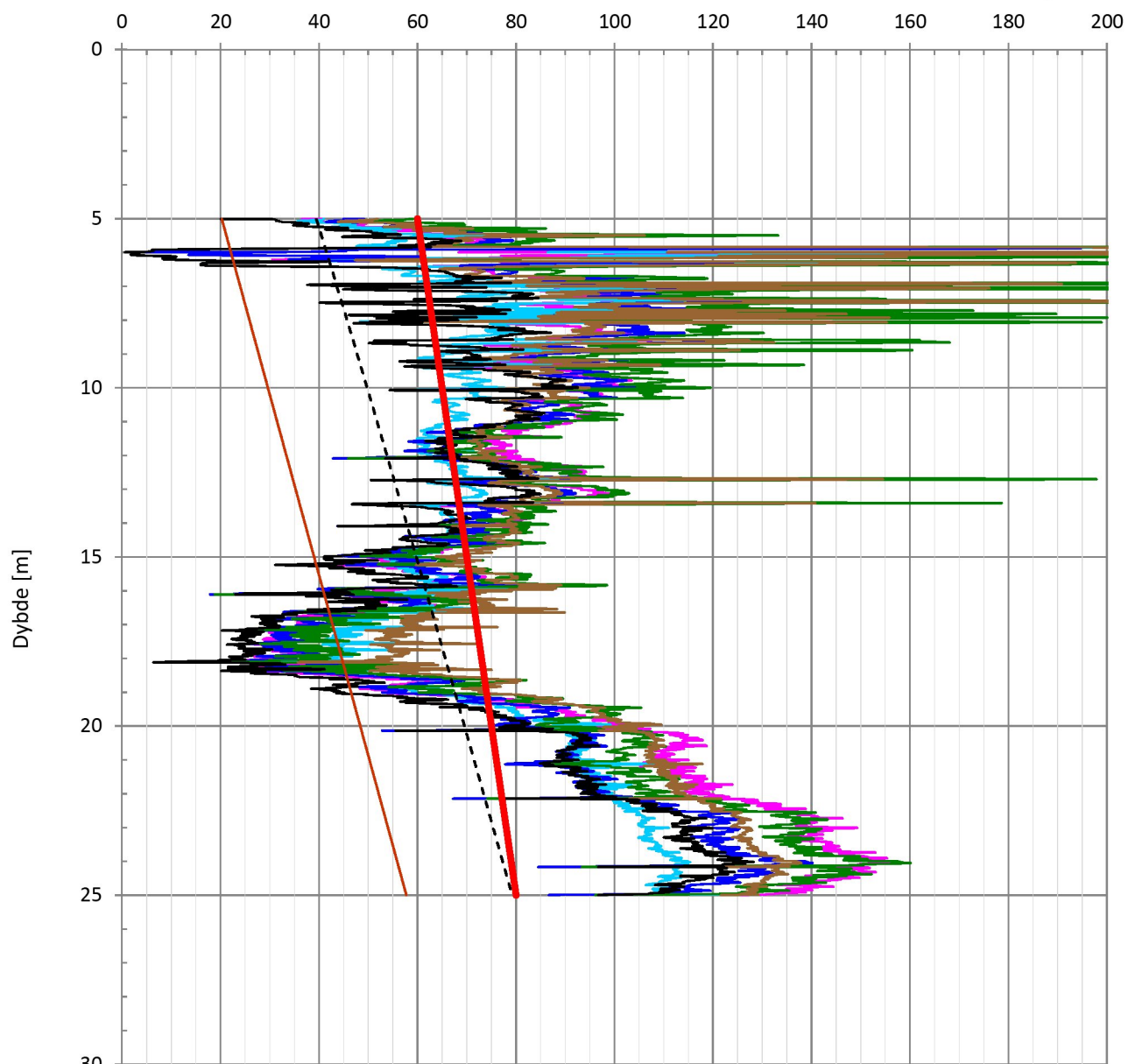
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]




- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- NΔu var. - Lunne et al (1997)
- Nke Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Trecks Pos. 506
- ▲ Konus Pos. 506
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NΔu Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Enaks Pos. 506
- Anbefalt

Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult 	
Oppdrag Eg - Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 506
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_{uc}) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 1
Utført RASAA	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 4

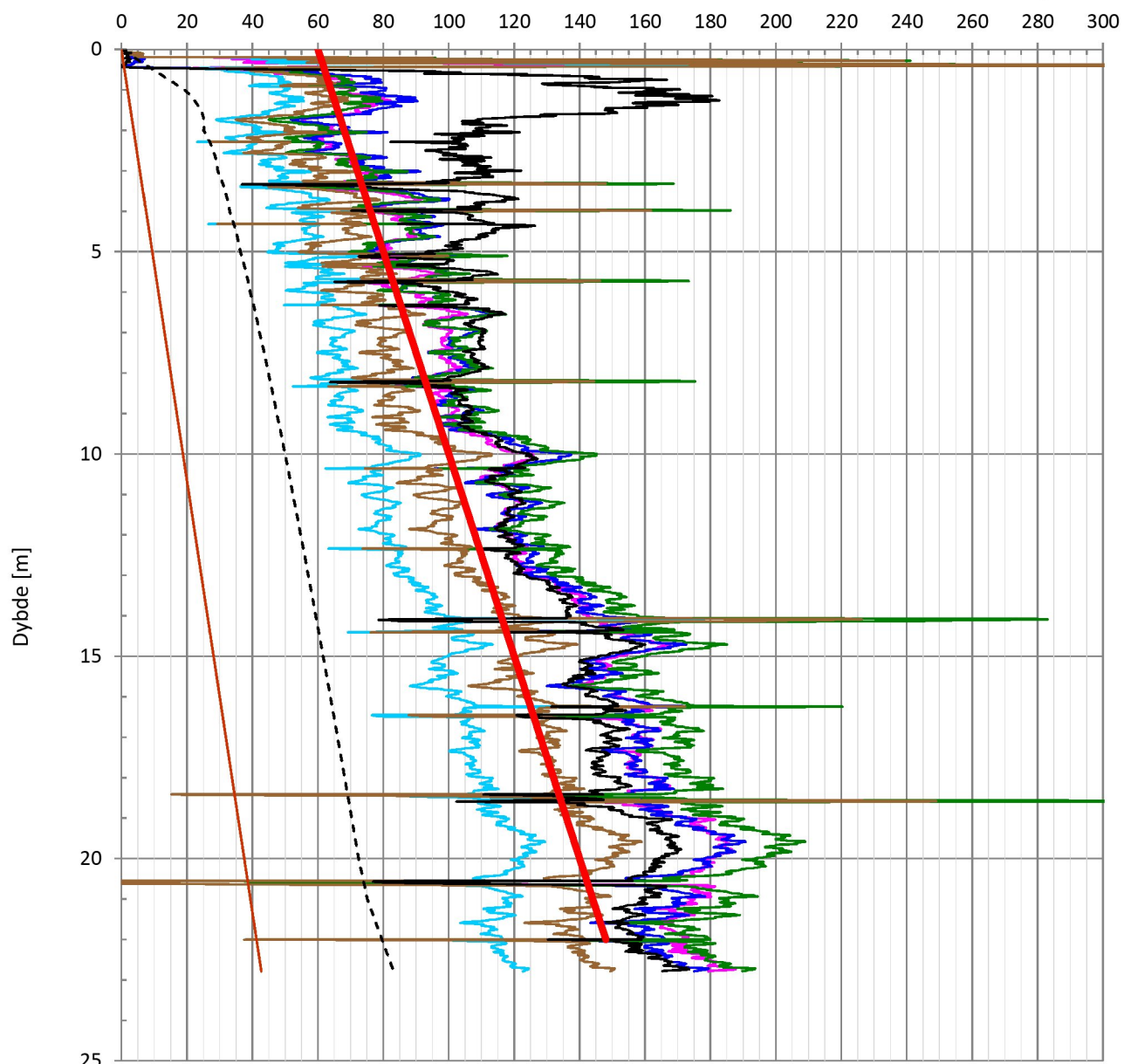
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]



- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- NΔu var. - Lunne et al (1997)
- Nke Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- Nke Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- NΔu Egendef. OCR - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Anbefalt
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$

Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult 	
Oppdrag Eg - Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 604
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_uC) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 1
Utført RASAA	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 2

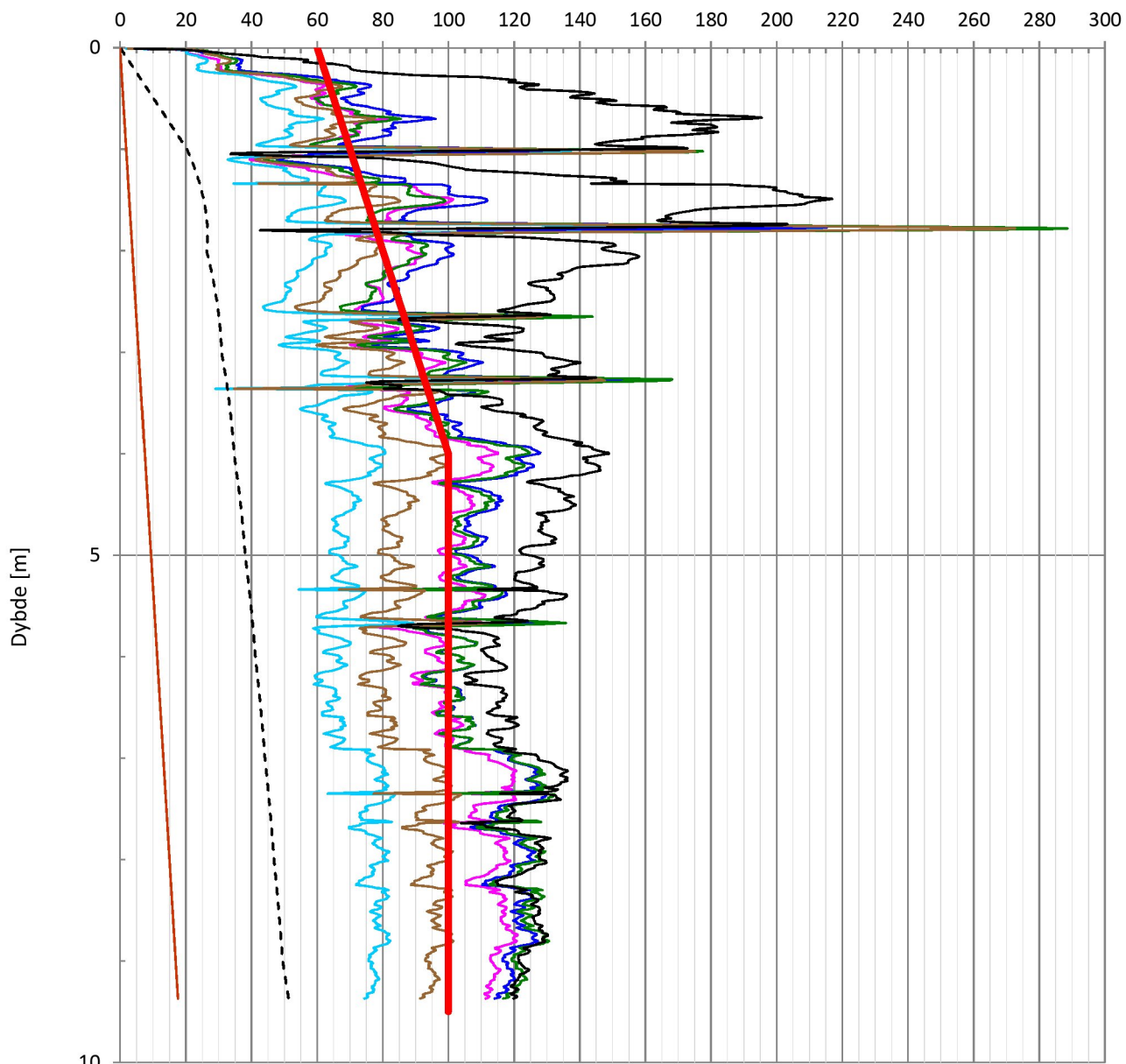
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]



- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- NΔu var. - Lunne et al (1997)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Treaks Pos. 706
- ▲ Konus Pos. 706
- Anbefalt
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NΔu (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Enaks Pos. 706
- ◆ Ving Pos. 706
- - - Tidligere anbefalt

Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult	
Oppdrag Eg-Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 706
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_u) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 0
Utført RaSaa	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 1

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]

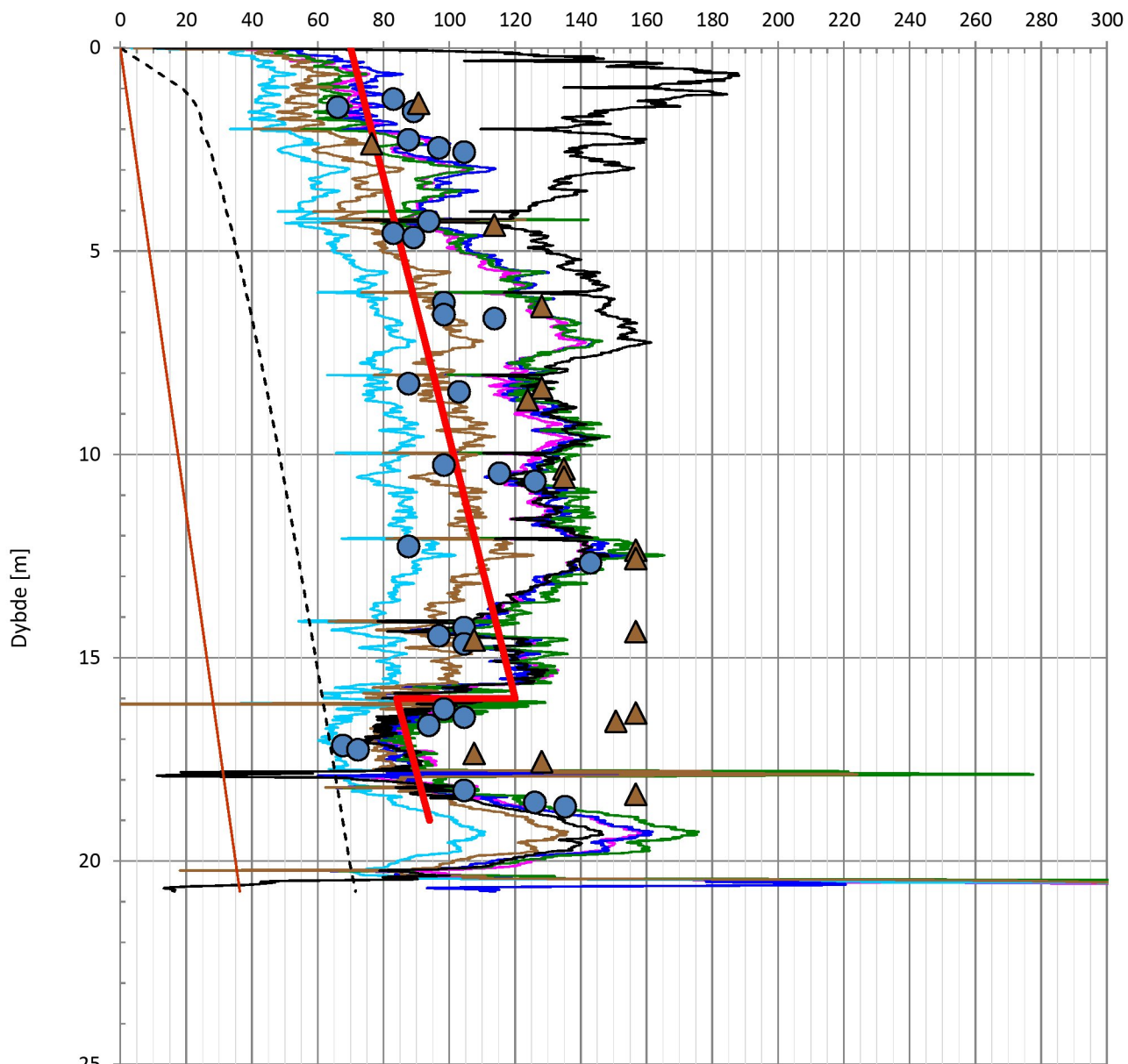


- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- NΔu var. - Lunne et al (1997)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ m=0,65] - Egendef. OCR
- Treaks Pos. 707
- ▲ Konus Pos. 707
- Anbefalt
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NΔu (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Enaks Pos. 707
- ◆ Ving Pos. 707

Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult	
Oppdrag Eg-Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 707
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_uC) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 0
Utført RaSaa	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 1

ADP verdier brukt for skalering i figur:
 Enaks Pos. 708: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,651$
 Konus Pos. 708: $c_{uf}/c_{ucptu} = 0,651$

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]

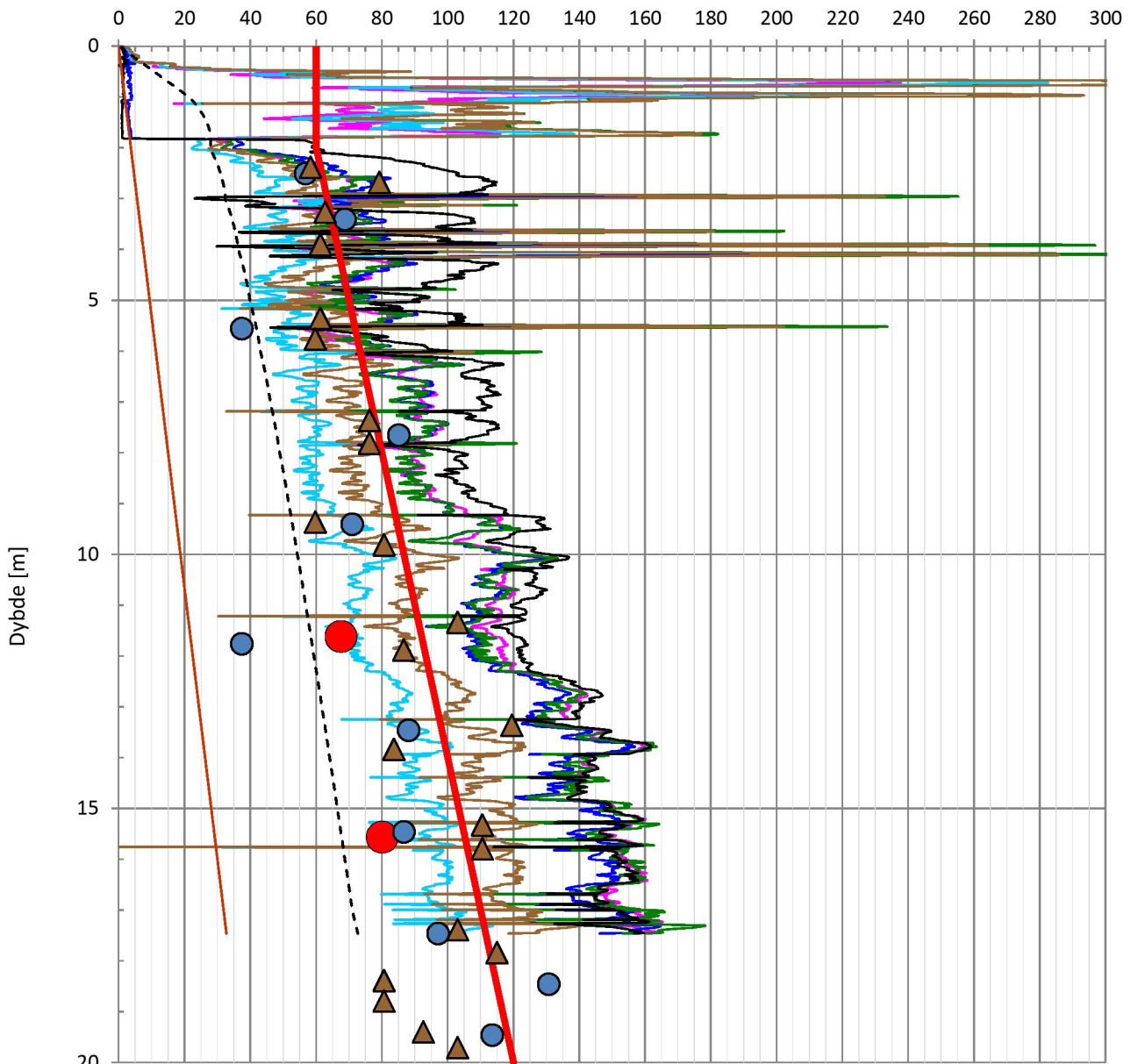


- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- $N\Delta u$ var. - Lunne et al (1997)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Treaks Pos. 708
- ▲ Konus Pos. 708
- Anbefalt
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- $N\Delta u$ (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Enaks Pos. 708
- ◆ Ving Pos. 708

Kunde				
Statens vegvesen Region sør				
Oppdrag		5151245	Bilag	Posisjon
Eg-Sødal. Ny bru.			A	708
Beskrivelse			Dato	Revisjon
Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_uC) fra CPTu			2016-02-08	0
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Anv. klasse
RaSaa	SHY	SHY	5151245-RIG03	2

ADP verdier brukt for skalering i figur:
 Trecks Pos. 717: $c_{uc}/c_{ucptu} = 1,000$
 Enaks Pos. 717: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,670$
 Konus Pos. 717: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,670$

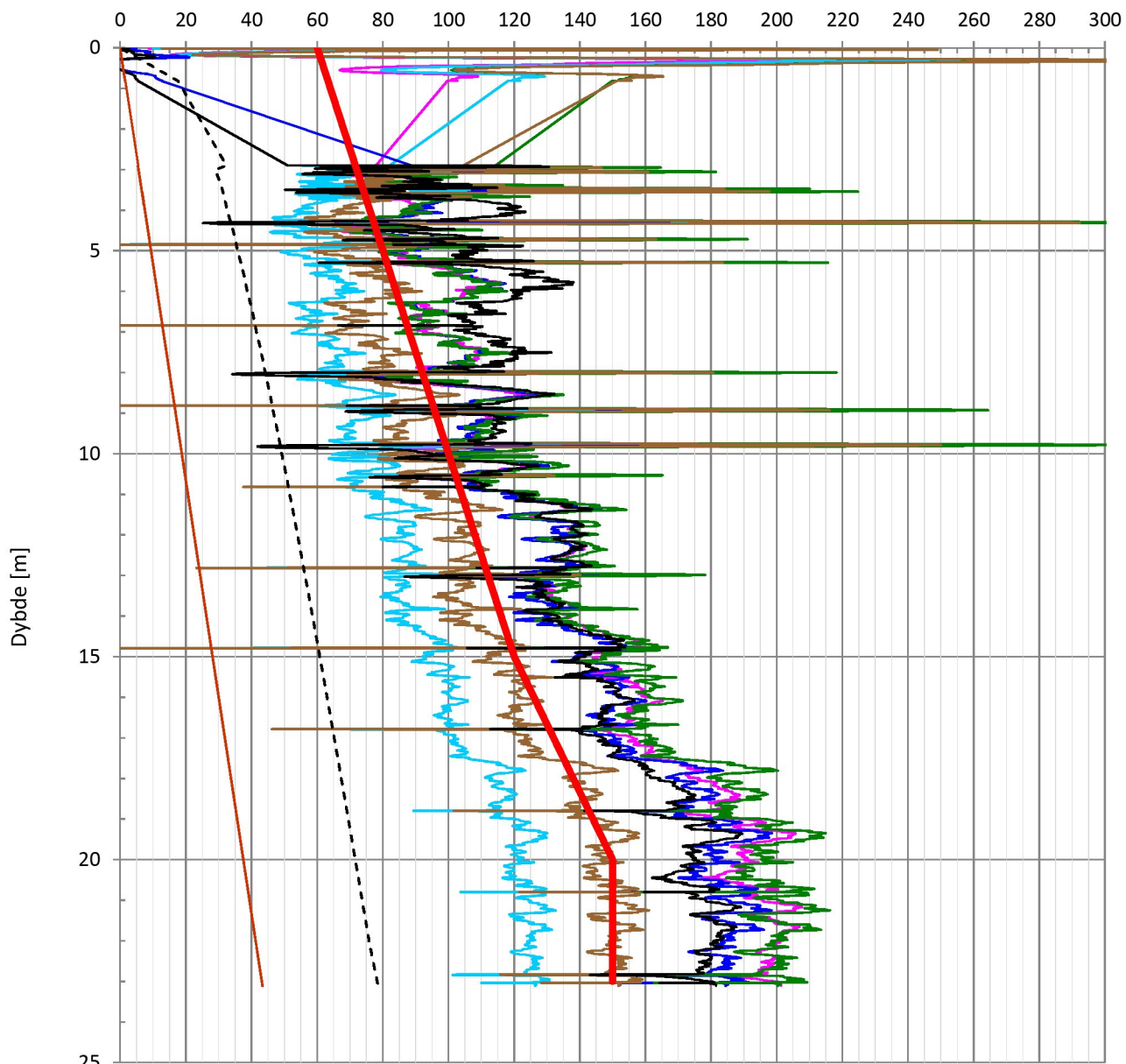
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]



- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- $N\Delta u$ var. - Lunne et al (1997)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Trecks Pos. 717
- ▲ Konus Pos. 717
- Anbefalt
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- $N\Delta u$ (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Enaks Pos. 717
- ◆ Ving Pos. 717
- - - Opprinnelig anbefaling

Kunde				
Statens vegvesen Region sør				
Oppdrag		5151245	Bilag	Posisjon
Eg - Sødal. Ny bru.			A	717
Beskrivelse			Dato	Revisjon
Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_{uc}) fra CPTu			2016-02-08	0
Utført	Kontrollert	Godkjent	Rapport	Anv. klasse
RASAA	SHY	SHY	5151245-RIG03	3

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{ucptu} [kPa]



- Nkt var. - Lunne et al (1997)
- $N\Delta u$ var. - Lunne et al (1997)
- Nke (Bq) - Karlsrud et al (2005)
- - - SHANSEP [$\alpha=0,25$ $m=0,65$] - Egendef. OCR
- Treaks Pos. 723
- ▲ Konus Pos. 723
- Anbefalt
- Nke var. - Lunne et al (1997)
- Nkt (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- $N\Delta u$ (Egendef. OCR) - Karlsrud et al (2005)
- NC-linje: $0,25 \cdot \sigma'_{vo}$
- Enaks Pos. 723
- ◆ Ving Pos. 723

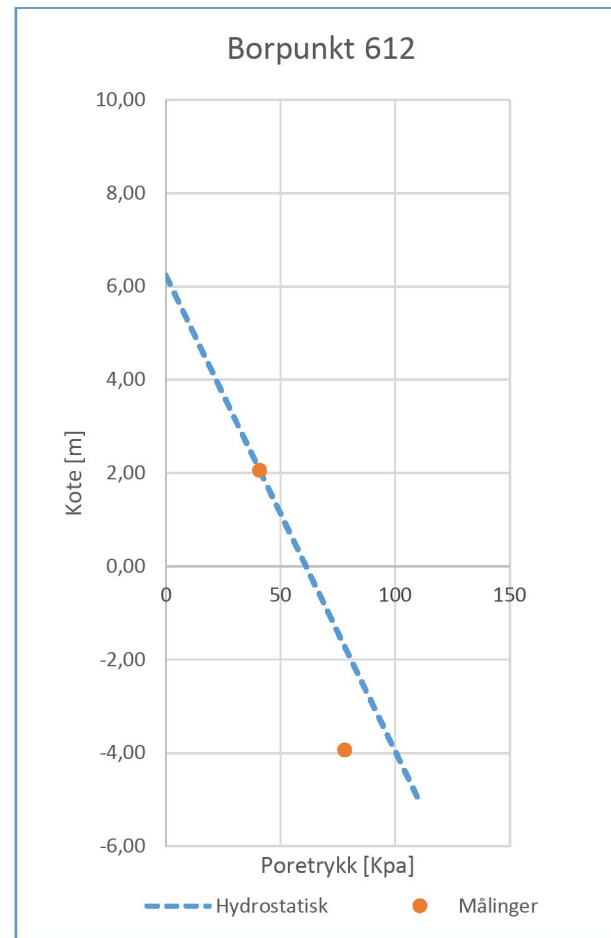
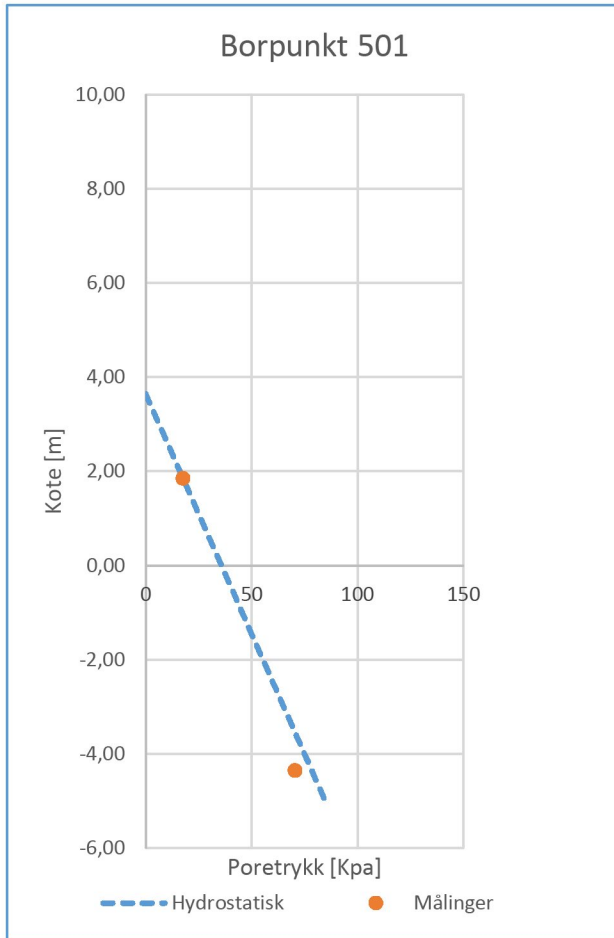
Kunde Statens vegvesen Region sør			Norconsult	
Oppdrag Eg-Sødal. Ny bru.		5151245	Bilag A	Posisjon 723
Beskrivelse Tolket aktivt udrenert skjærfasthet (c_uC) fra CPTu			Dato 2016-02-08	Revisjon 0
Utført RASAA	Kontrollert SHY	Godkjent SHY	Rapport 5151245-RIG03	Anv. klasse 1

Bilag B

Tolkning av effektivspenningsparametere fra treaksialforsøk

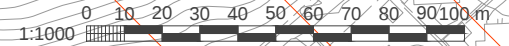
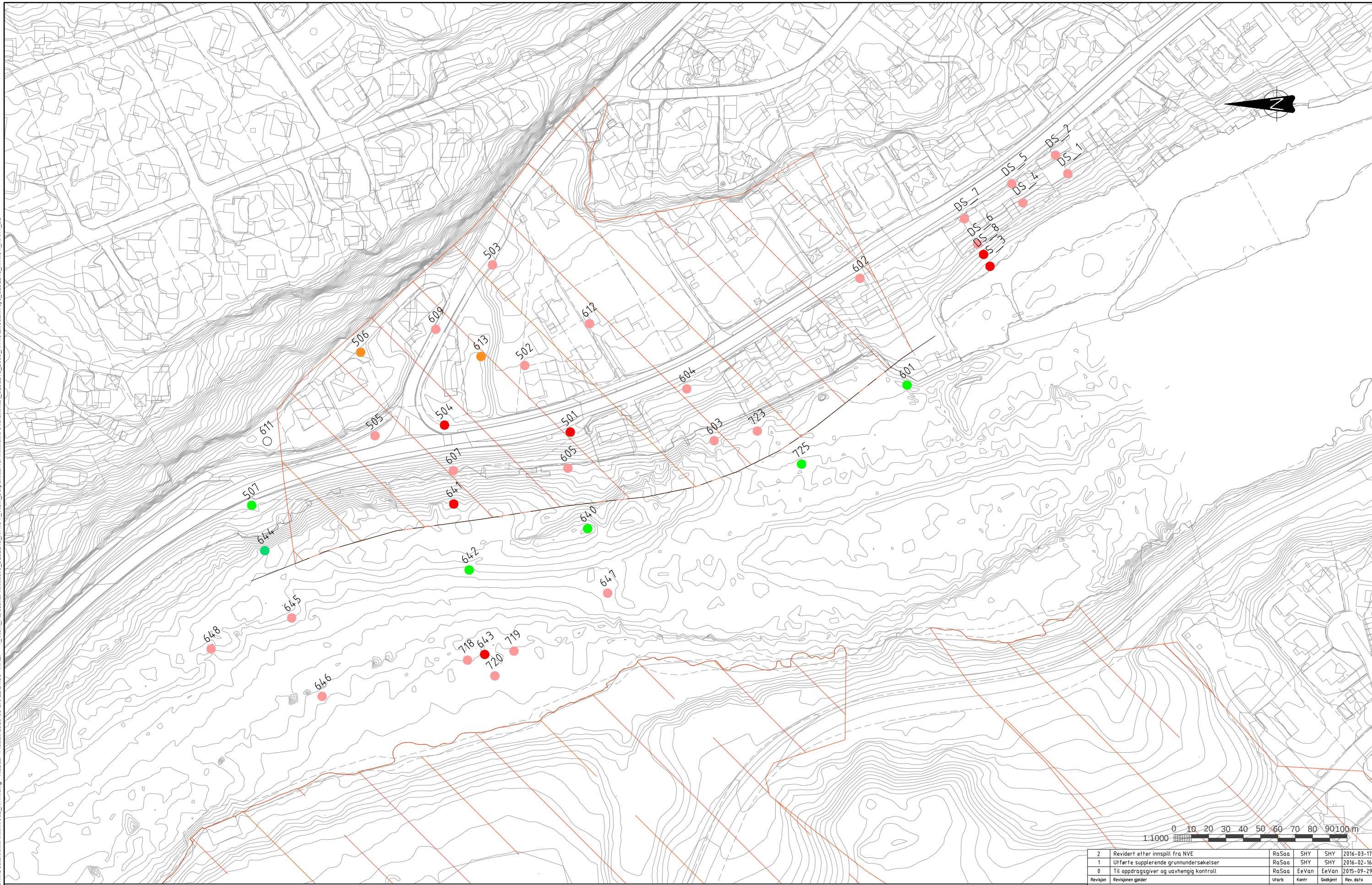
Bilag C

Poretrykksmåling



Tegninger

X:\anoppdrag\Bergem\5151245\BIM\Geoteknik\Kvikkleire\NTM.dwg - Plottet: 2016-03-17, 12:14:36 - XREF = T_Venn_Faresoner kvikkleire_5151245_NTM.T_Venn_borupunkter for kvikkleire oversikt kart_5151245_1000_NTM_Elvebunn syd_5151245_NTM_T_VART_3D



FORKLARINGER

- Kvikkleire
- Antatt ikke kvikk eller sprøbrudd
- Faresone kvikkleire Sødal
- Antatt kvikk eller sprøbrudd
- Ikke kvikkleire/sprøbrudd
- Faresone kvikkleire Eg
- Sprøbrudd

2	Revidert etter innspill fra NVE	RaSaa	SHY	SHY	2016-03-17
1	Utførte supplerende grunnundersøkelser	RaSaa	SHY	SHY	2016-02-16
0	Til oppdragsgiver og uavhengig kontroll	RaSaa	EeVan	EeVan	2015-09-29
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utørb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato			
Eg - Sødal, Ny bru. Ny bru Sødal - Eg Geoteknikk Kvikkleire faresoner		Bestiller			
		Region sør			
		Prosjekt nummer			
		Norconsult AS			
		5151245			
		Prosjekt fase nummer			
		Arkivreferanse			
		Målestokk A1-format			
		1:1000			
		Koordinat system			
		NTM Sone 7 / NN2000			
Reguleringsplan		Tegningsnummer/			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		revisjonsboks
RaSaa	SHY	SHY	5151245		V002 2

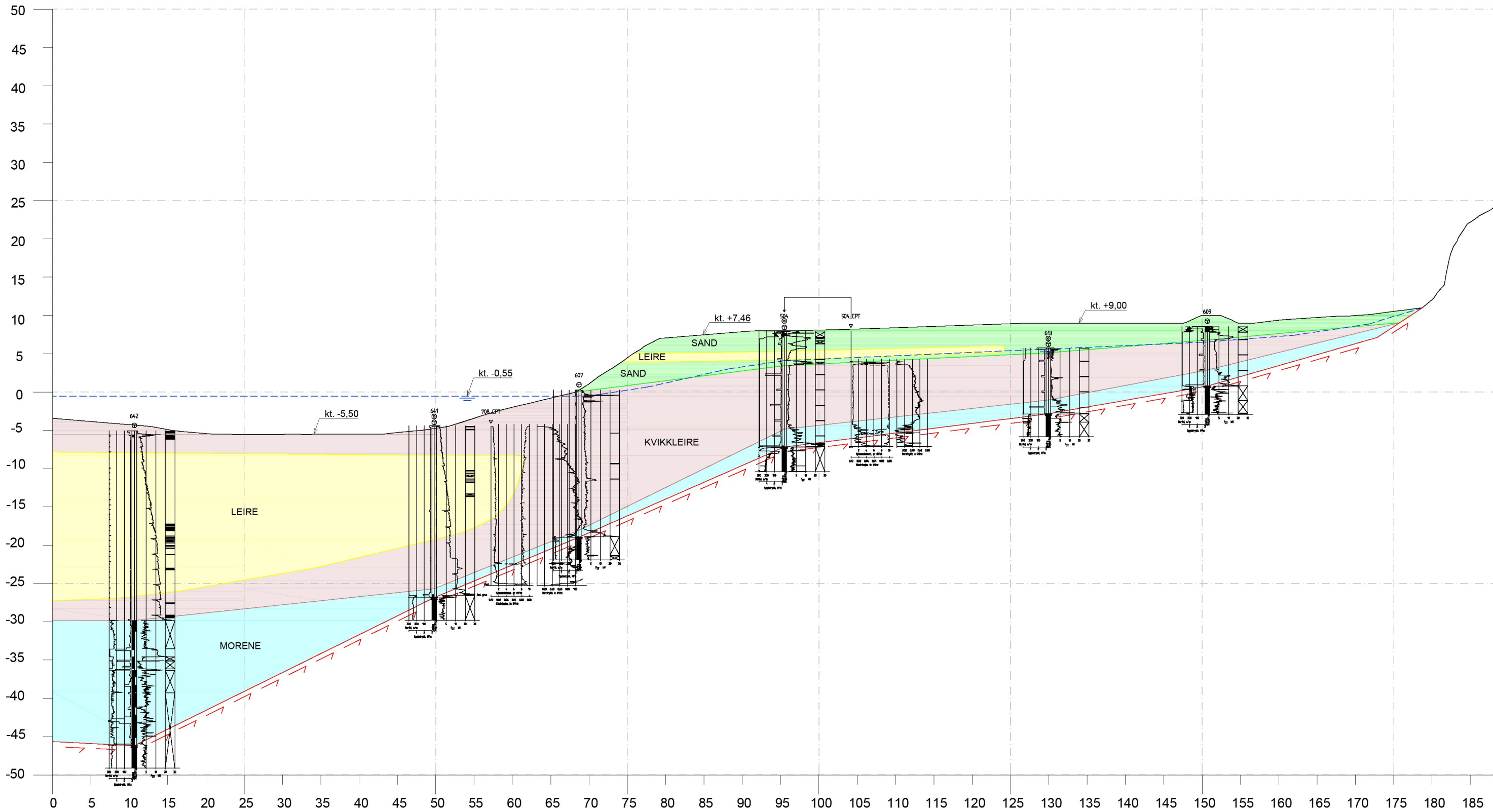
X:\nonoppdrag\Bergem\5151245\BIM\Geoteknik\Kart\NTM.dwg - RasSaa - Plottet: 2016-02-08, 16:36:15 - XREF = T:\Mem_borpunktler_5152279_1000_NTM_Alignments_Sedal_Ti_V003_5151245_NTM_T_KART_3D'



- FORKLARINGER**
- Prøveserie
 - ⊖ Poretrykksmåler
 - ⊕ Totalsondering
 - ▽ Trykksondering (CPTU)
 - ⊕ Terrengekote
⊖ Bergkote
- Boret dybde i løsmasser + boret dybde i berg

1	Utførte supplerende grunnundersøkelser	RaSaa	SHY	SHY	2016-02-08
0	Til oppdragsgiver og uavhengig kontroll	RaSaa	SHY	SHY	2015-09-29
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utørb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Eg - Sedal, Ny bru. Ny bru Sedal - Eg Geoteknikk Oversikt beregningsnett områdestabilitet med borpunkter Reguleringsplan		Tegningsdato			
		Bestiller		Region sør	
		Prosjekt nummer		Norconsult AS	
		Prosjekt fase nummer		5151245	
		Arkivreferanse			
		Målestokk A1-format		1:1000	
		Koordinat system		NTM Sone 7 / NN2000	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsboks	V003 1
RaSaa	SHY	SHY	5151245		

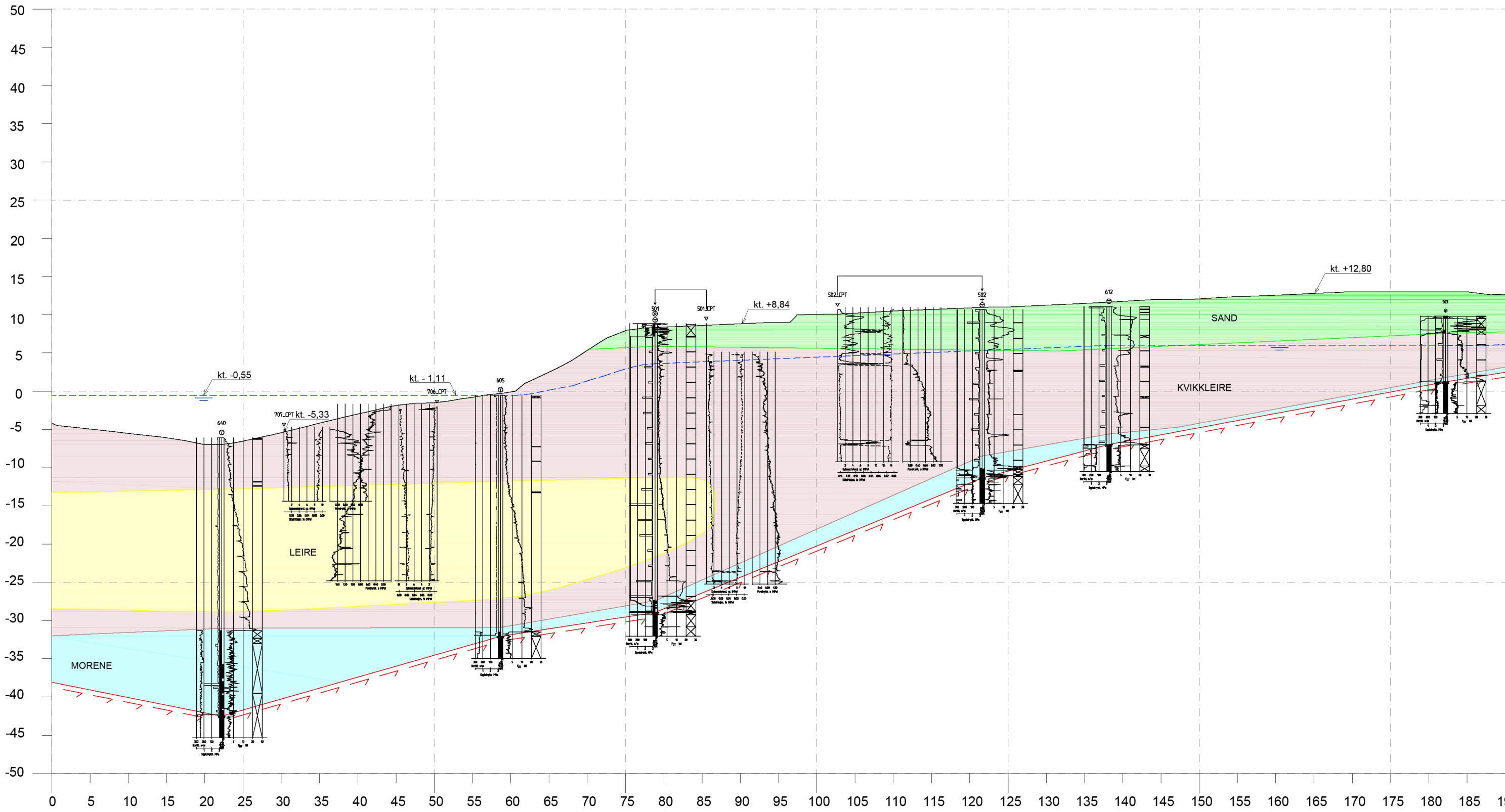
X:\nor\opprodrag\Bergen\5151245\Geoteknikk\ArKiv\101-141 - Lagdeling.dwg - RaSaa - Plottet: 2016-02-16, 10:14:05 - LAYOUT = V111 - XREF = Vtem_Lagdeling snitt_4_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_2_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_3_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_5151245, Vtem_Snitt med sonderingsprofiler til lagdeling_5151245



SNITT 2-2
 1:250

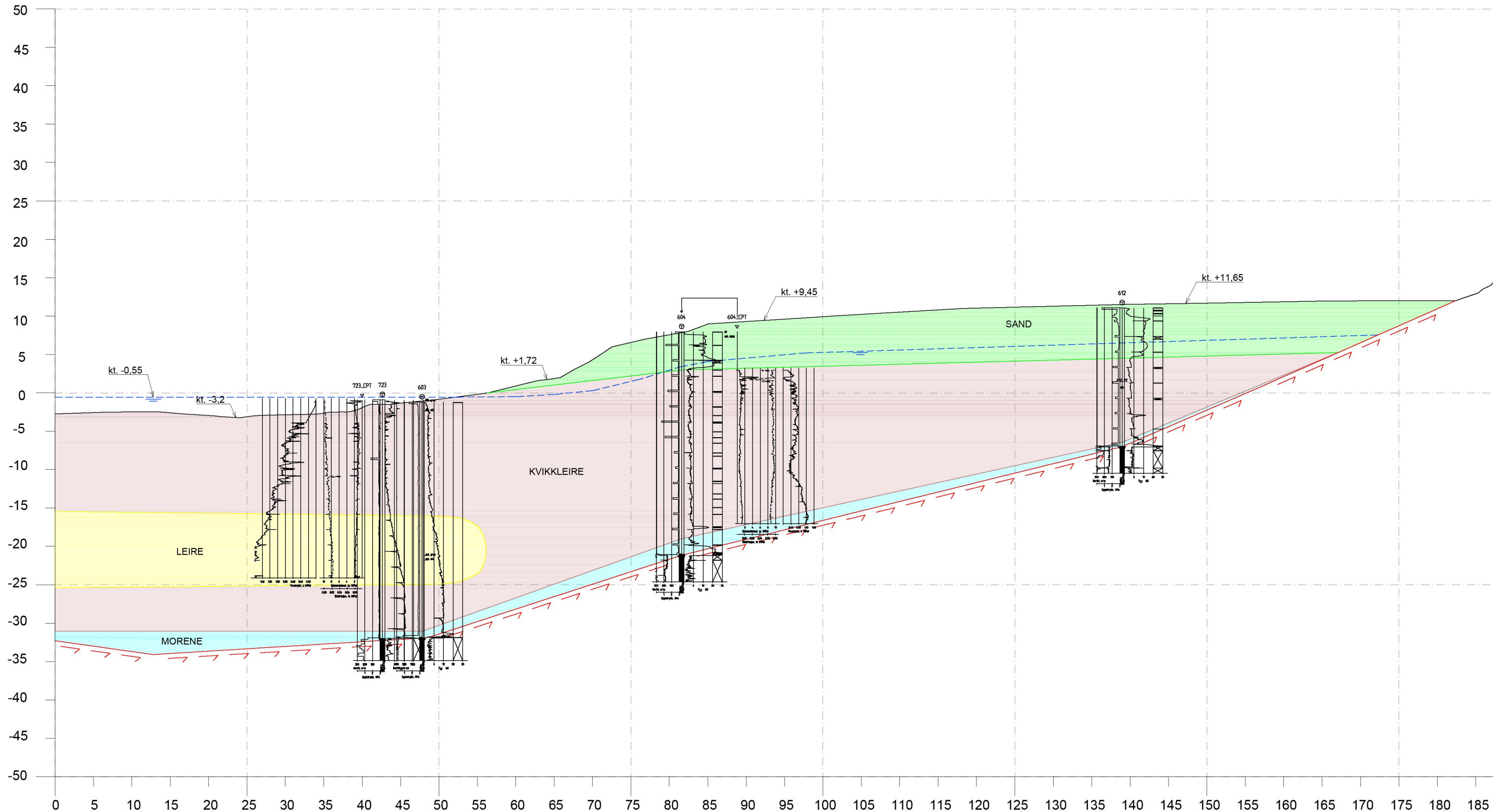
1	Oppretting etter kommentarer	RaSaa	SHY	SHY	2016-02-16
0	Til oppdragsgiver og uavhengig kontroll	RaSaa	SHY	SHY	2015-09-29
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
Statens vegvesen Eg - Sodal. Ny bru. Ny bru Sodal - Eg Geoteknikk Lagdeling beregningssnitt Snitt 2-2 Reguleringsplan		Tegningsdato Bestiller Produert for Produert av Prosjektnummer Prosjekt fase nummer Arkivreferanse Målestokk A1-format Koordinat system Tegningnummer Revisjonsbokstov			
		Region sør		Norconsult AS	
		5151245		1250	
		NTM Sone 7 / NN2000		V111	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
RaSaa	SHY	SHY	5151245	1	

X:\nor\opprodrag\Bergem\5151245\BIM\Geoteknik\A\K\1\101-141 - Lagdeling.dwg - RaSaa - Plottet: 2016-02-16, 10:18:1 - LAYOUT = V121 - XREF = Vtem_Lagdeling snitt 3_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 4_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 5_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 6_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 7_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 8_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 9_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 10_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 11_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 12_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 13_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 14_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 15_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 16_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 17_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 18_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 19_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 20_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 21_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 22_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 23_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 24_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 25_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 26_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 27_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 28_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 29_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 30_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 31_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 32_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 33_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 34_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 35_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 36_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 37_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 38_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 39_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 40_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 41_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 42_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 43_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 44_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 45_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 46_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 47_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 48_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 49_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 50_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 51_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 52_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 53_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 54_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 55_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 56_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 57_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 58_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 59_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 60_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 61_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 62_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 63_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 64_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 65_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 66_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 67_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 68_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 69_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 70_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 71_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 72_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 73_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 74_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 75_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 76_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 77_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 78_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 79_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 80_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 81_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 82_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 83_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 84_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 85_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 86_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 87_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 88_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 89_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 90_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 91_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 92_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 93_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 94_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 95_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 96_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 97_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 98_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 99_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 100_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 101_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 102_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 103_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 104_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 105_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 106_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 107_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 108_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 109_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 110_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 111_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 112_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 113_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 114_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 115_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 116_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 117_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 118_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 119_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 120_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 121_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 122_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 123_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 124_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 125_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 126_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 127_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 128_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 129_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 130_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 131_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 132_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 133_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 134_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 135_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 136_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 137_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 138_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 139_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 140_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 141_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 142_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 143_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 144_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 145_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 146_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 147_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 148_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 149_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 150_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 151_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 152_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 153_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 154_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 155_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 156_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 157_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 158_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 159_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 160_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 161_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 162_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 163_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 164_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 165_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 166_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 167_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 168_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 169_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 170_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 171_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 172_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 173_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 174_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 175_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 176_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 177_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 178_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 179_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 180_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 181_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 182_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 183_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 184_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 185_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 186_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 187_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 188_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 189_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 190_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 191_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 192_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 193_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 194_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 195_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 196_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 197_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 198_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 199_5151245; Vtem_Lagdeling snitt 200_5151245



SNITT 3-3
1:250

1	Oppretting etter kommentarer	RaSaa	SHY	SHY	2016-02-16
0	Til oppdragsgiver og uavhengig kontroll	RaSaa	SHY	SHY	2015-09-29
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utsarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
Statens vegvesen		Tegningsdato			
Eg - Sædal, Ny bru.		Bestiller			
Ny bru Sædal- Eg		Prosjekt for			
Geoteknikk		Region sør			
Lagdeling beregningssnitt		Prosjekt av			
Snitt 3-3		Norconsult AS			
Reguleringsplan		Prosjektnummer			
Utsædet av		5151245			
RaSaa		Arkivreferanse			
SHY		1:250			
SHY		Målestokk A1-format			
5151245		1:250			
Konsulentarkiv		Koordinatsystem			
NTM Sone 7 / NN2000		Tegningnummer			
V121		1			

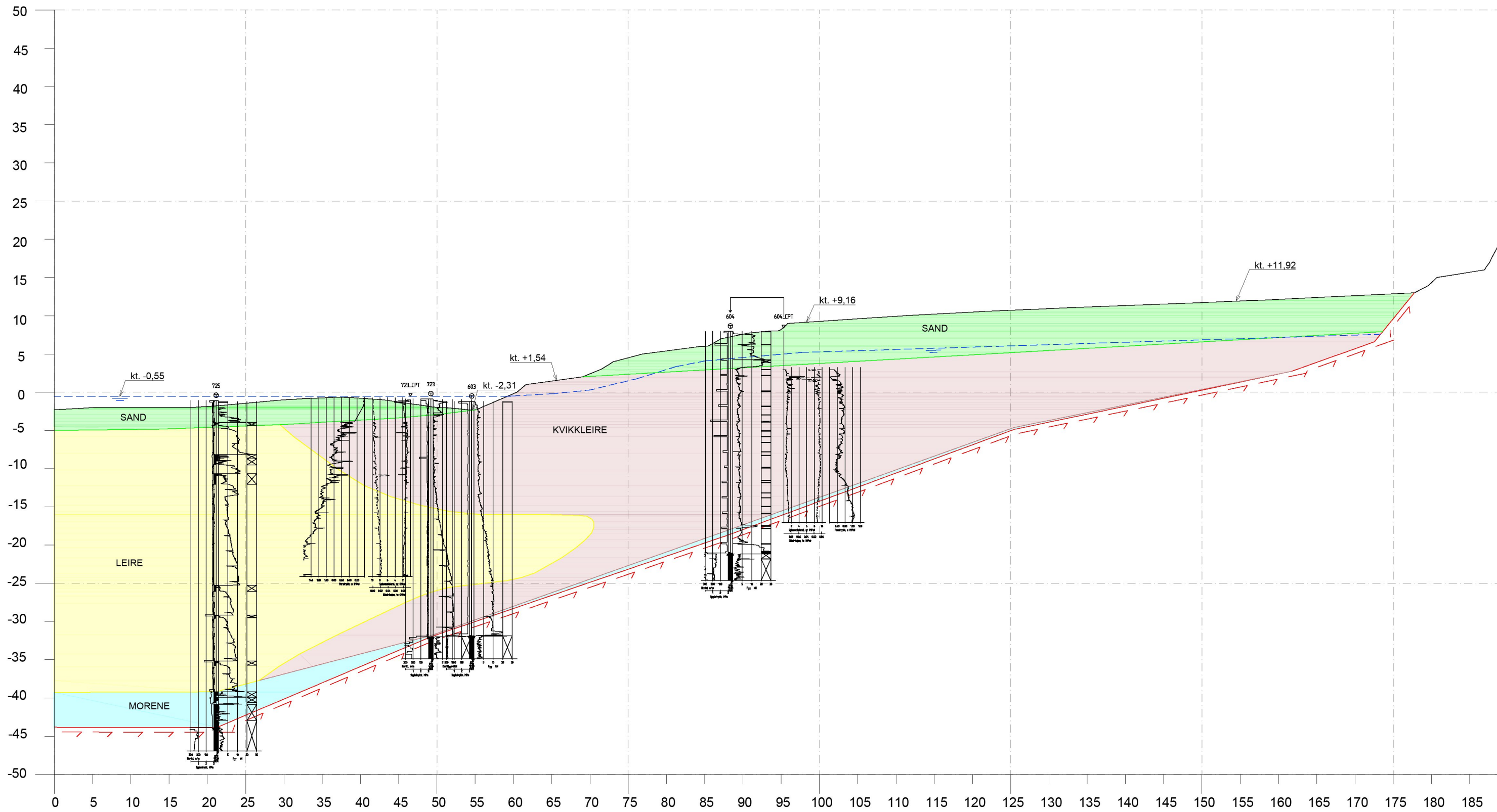


SNITT 4-4
1:250

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utsarb	Kontr	Godkjert	Rev. dato
1	Oppretting etter kommentarer	RaSaa	SHY	SHY	2016-02-16
0	Til oppdragsgiver og uavhengig kontroll	RaSaa	SHY	SHY	2015-09-29

Statens vegvesen		Tegningsdato	
Eg - Sædal, Ny bru.		Bestiller	
Ny bru Sædal- Eg		Prosjekt for	
Geoteknikk		Region sør	
Lagdeling beregningssnitt		Prosjekt av	
Snitt 4-4		Norconsult AS	
Reguleringsplan		Prosjektnummer	
Utsædet av		Arkivreferanse	
RaSaa	Kontrollert av	Målestokk A1-format	
SHY	Godkjent av	1:250	
SHY	Konsulentarkiv	Koordinatsystem	
5151245	Tegningnummer	NTM Sone 7 / NN2000	
	revisjonsbokslov	V131	
		1	

X:\nor\opprodrag\Bergens\5151245\151245\BIM\Geoteknik\K\K\1\101-141 - Lagdeling.dwg - RaSaa - Plottet: 2016-02-16, 10:18:29 - LAYOUT = V141 - XREF = Vtem_Lagdeling snitt_4_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_2_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_1_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_3_5151245, Vtem_Lagdeling snitt_5_5151245, Vtem_Snitt med sonderingsprofiler til lagdeling_5151245



SNITT 5-5
1:250

0 Utførte supplerende grunnundersøkelser				RaSaa	SHY	SHY	2016-02-16
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utsarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato		
				Tegningsdato			
				Bestiller			
				Prosjekt for		Region sør	
				Prosjekt av		Norconsult AS	
				Prosjektnummer		5151245	
				Arkivreferanse			
				Målestokk A1-format		1:250	
				Koordinatsystem		NTM Sone 7 / NN2000	
Utsarbeid av		Kontrollert av		Godkjent av		Konsulentarkiv	
RaSaa		SHY		SHY		5151245	
				Tegningsnummer/		V141	
				revisjonsbokslov		0	