

NOTAT

Oppdrag **Kunnskapsvegen Røyken**
Kunde **Trygve Rud**
Notat nr. **G-not-001**
Til **Trygve Rud**

Fra **Zeeuw, Aiga de**
Kopi **Bård Hoff, Solon Arkitektur AS**

GEOTEKNISKE VURDERINGER FOR REGULERINGSPLAN

Dato 2013-04-24

1. Innledning

Rambøll Norge AS skal på oppdrag fra grunneier Trygve Rud og Solon Arkitektur AS utføre geotekniske vurderinger for regulering av et planlagt boligfelt i Kunnskapsvegen på Spikkestad i Røyken kommune.

I dette notatet gis generelle geotekniske vurderinger vedrørende utbygging av boligfeltet og geotekniske vurderinger som gjelder stabilitet av området.

Ut ifra forslag til reguleringsplan, datert 22.11.2012, skal området bebygges med konsentrert småhusbebyggelse på 2 til 3-etasjer.

Rambøll
Hoffsveien 4
Pb 427 Skøyen
NO-0213 OSLO

T +47 22 51 80 00
F +47 22 51 80 01
www.ramboll.no

Vår ref. 6130008/ADZ

2. Terreng- og grunnforhold

Tomten har en lengde på ca. 280 m og en bredde på ca. 45 m og befinner seg i nordøstre ende av Kunnskapsvegen. På den søndre delen av tomten er terrenget relativt horisontalt og terreng høyden varierer mellom kote 152 og kote 154,3. På den nordre delen av tomen skråner tomten slak mot nord fra ca. kote 154 til kote 148. Øst for tomten skråner terrenget ned til en bekk på ca. kote 142. Høydeforskjell i skråningen er på ca. 15 m og bratteste helning er ca. 1:4.

Grunnforholdene er beskrevet i Rambølls grunnundersøkelserapport nr. 6130008-1, datert 19.04.2013. Det er utført sju totalsonderinger, to prøveserier og en CPTU-sondering på tomten. I tillegg er det utført en totalsondering utenfor tomten i dalbunnen i øst. Videre fikk Rambøll tilgang til et brev fra Sivilingeniør Morten Strøm, datert 31.008.2010: «*Spikkestad Nord felt B1-grunnundersøkelse*», som beskriver grunnundersøkelser på andre siden av Kunnskapsveien.



Mektigheten av løsmassene varierer i borpunktene på tomten mellom 7,9 og 12,5 m. I toppen finnes et lag av tørrskorpeleire med antatt mektighet mellom 2 og 6 m.

Under tørrskorpeleira er det påvist leire. Leira er middels sensitiv, med sensitivitet målt mellom $S_t=9$ og 23. Det er målt en uforstyrret direkte skjærstyrke på mellom $c_u=30$ kPa og 64 kPa. Omrørt skjærstyrke er målt lavest ved $c_{u0}=1,86$ kPa. Leira klassifiseres som sprøbruddmateriale, men ikke som kvikkleire.

Det er påvist berg fra kote 135 til 145 i borpunktene.

Nordøst for tomten er det en bekk med vannstand antatt i kote 142. I toppen av skråningen antas grunnvannsnivå i overgang mellom tørrskorpeleire og leire mellom kote 146 og 148,5.

3. Krav til utredning

Det er påvist sprøbruddmateriale på tomten, men ikke kvikkleire. På grunn av forekomst av sprøbruddmateriale skal vurderinger utføres i henhold til NVEs retningslinjer 2/2011: *Flaum og skredfare i arealplanar, Vedlegg 1: Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper*.

Det kreves at det utarbeides en ROS analyse i henhold til NVE/NGI rapport nr. 20001008-2, rev 0: *»Program for økt sikkerhet mot leriskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire», datert 08.10.20008.* ROS-analyse er vedlagt som Vedlegg 1.

Når det gjelder reguleringsplanen skal det følges Vedlegg 2 til NVE's retningslinjer: *Flom og skredfare i arealplaner, veileder: Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner*.

Boligutbygging klassifiseres i tiltakskategori K3. «Tiltak som innebærer tilflytning av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner». Skadekonsekvensklassen er vurdert til meget alvorlig. Faregradsklassen før utbygging er vurdert til lav (se vedlegg 1). Dette krever at tiltak skal føre til en materialkoeffisient på $\gamma_m \geq 1,4$, eller som minimumskrav til en forbedring. Ved pålastning i området er kravet til sikkerhet en materialkoeffisient på minst $\gamma_m \geq 1,4$.

Det er krav til skjerpet kontroll.

4. Materialparametre

4.1 Tyngdetetthet

I de geotekniske vurderinger er det benyttet $19,5 \text{ kN/m}^3$ for både tørrskorpeleire og leire.

4.2 Overkonsolidering

Overkonsolidering er tolket ut i fra ødemeterforsøk. Tolket overkonsolidering tilsvarer et tidligere ter-
reng på kote 173.

4.3 Udrenert skjærstyrke

Udrenert skjærstyrke som benyttes i stabilitetsberegningene er valgt på grunnlag av tolkede CPTU-
sonderinger, klassifiseringsforsøk (enaks og konus) og treaksialforsøk utført på uforstyrrede 54 mm
prøver i laboratoriet.

Tolkning av CPTU er utført på grunnlag av poretrykksfaktoren $N_{\Delta u}$ og spissmotstandsfaktoren N_{kt} . Gene-
relt er $N_{\Delta u}$ benyttet ved B_q - verdi (poretrykksrespons) høyere enn 0,5 - 0,6 og N_{kt} er benyttet ved B_q
lavere enn 0,5 - 0,6.

For bestemmelse av faktorene $N_{\Delta u}$ og N_{kt} er korrelasjoner basert på CAUC - treaksialforsøk på blokkprø-
ver av høy kvalitet benyttet. For de valgte korrelasjonene for $N_{\Delta u}$ og N_{kt} - faktorene er det skilt mellom
leire med sensitivitet (S_t) lavere og høyere enn 15.

Ved tolking av CPTU er det benyttet en romvekt på $19,5 \text{ kN/m}^3$ for alle materialer.

In situ poretrykk er bestemt ut fra observasjoner i nærliggende punkter/dybder. Det er ikke utført må-
linger av poretrykksforhold med dybden. I tolkningen er det benyttet en hydrostatisk fordeling fra antatt
grunnvannstand. OCR (overkonsolideringsgrad) er tolket fra ødometerforsøk.

Det er lagt hovedvekt på følgende verdier ved bestemmelse av aktiv udrenert skjærstyrke:

$$N_{\Delta u} = 4,0 + 4,5 B_q$$

$$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log \text{OCR} + 0,082 \cdot I_p \quad N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log \text{OCR} + 0,07 \cdot I_p \quad \text{for } S_t < 15$$

$$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log \text{OCR} \quad N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log \text{OCR} \quad \text{for } S_t > 15$$

OCR og I_p er henholdsvis overkonsolideringsgrad og plastisitetsindeks. I_p er antatt konstant til 7.

Det er iht. anbefaling i NVEs retningslinjer 2/2011 lagt inn en reduksjon for tolket aktiv skjærstyrke på
15 % i lag med kvikk eller sensitiv leire. Styrkereduksjonen inkluderes i beregningene, ikke ved tolking
av skjærstyrken. Vurdering av leiras sensitivitet er basert på utførte laboratorieundersøkelser og vurde-
ring/tolkning av sonderinger (trykk- og dreietrykksondering).

Valg av udrenert skjærstyrke er prioritert i følgende rekkefølge:

1. Laboratorieundersøkelser (konus - og enaksiale trykkforsøk, ødometerforsøk, treaksialforsøk) på
54 mm prøver
2. CPTU-tolkning

4.3.1 Tolket skjærstyrke

Tolket skjærstyrke for borpunkt 4 er vist i Vedlegg 2. Det er konservativ antatt en aktiv skjærstyrke
 $s_{uA} = 50 \text{ kPa}$ for leire og sprødrubdmateriale i skrånningen i profil A-A, tolket fra enaks- og konusforsøk
fra borpunkt 1. C-profiler vises også i presentasjonen av beregningene.

4.4 Anisotropi og tøyningskompatibilitet

I beregningene tas det hensyn til spenningsanisotropien i leira, dvs. at udrenert skjærstyrke varierer med hovedspenningsretningene (ADP-analyse). Utgangspunktet er udrenert aktiv skjærstyrke s_{uA} (styrke der glideflaten ligger i aktiv sone).

Direkte og passiv skjærstyrke er beregnet ut fra følgende sammenheng:

- $s_{uD} = 0,66 s_{uA}$ (styrke for den tilnærmet horisontale delen av glideflaten)
- $s_{uP} = 0,33 s_{uA}$ (styrke der glideflaten ligger i passiv sone)

Henholdsvis 15%, 10% og 5% reduksjon av skjærstyrke for aktiv, direkte og passiv sone for de lagene med sprøbruddsoppførsel er tatt med i beregningen ved å redusere ADP-forholdene på følgende måte:

- S_{uA} (sprøbrudd/kvikk) = 0,85 S_{uA} (ikke sprøbrudd)
- S_{uD} (sprøbrudd/kvikk) = 0,59 S_{uA} (ikke sprøbrudd)
- S_{uP} (sprøbrudd/kvikk) = 0,31 S_{uA} (ikke sprøbrudd)

4.5 Drenert skjærfasthet

Bestemmelse av effektive skjærstyrkeparametere i leiren (som også inkluderer sprøbruddmateriale) er basert på erfaringsverdier, selv om det finnes et treaksialforsøk, som viser gunstigere verdier (se vedlegg 3). For tørrskorpeleire er erfaringsverdier lagt til grunn. Følgende verdier er benyttet for kohesjon og friksjonsvinkel:

Tørrskorpeleire	$c=0,0 \text{ kN/m}^2$	$\phi=30,0^\circ$
Leire	$c=0 \text{ kN/m}^2$	$\phi=26,0^\circ$

4.6 Poretrykk

Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling for effektivspenningsanalysen. Grunnvannsnivå er antatt i grense mellom tørrskorpeleire og leire. Vannivå i bekk er antatt på kote 142 for normal vannnivå.

5. Stabilitet av området

Ifølge NVE veileder 2/2011 kreves det at man får for stabilitetsberegninger en materialkoeffisient på $\gamma_m \geq 1,4$, hvis det er pålastning. Vi antar en pålastning av 30 kPa for et 3-etajers bygg i utbygd situasjon.

Det er krav til skjerpet kontroll.

Rambøll har utført stabilitetsanalyser med dataprogrammet GeoSuite Stability, både med effektivspenningsanalyse og totalspenningsanalyse (ADP).

Det ble utført stabilitetsanalyse for profil A-A som viser de mest ugunstige geometriforhold for feltet som skal reguleres. Plassering av profilet er vist i vedlagte situasjonsplan i tegning nr. 200. Det er utført stabilitetsanalyse for dagens tilstand og utbygd tilstand (se også vedlagte tegninger nr. 201-204). Resultater er vist tabell 2.

Tabell 2: Oversikt resultater stabilitetsberegninger

Profil	Totalspenningsanalyse (ADP)	Effektivspenningsanalyse
Stabilitet i dagens situasjon	1,72	1,85
Stabilitet i utbygd tilstand	1,58	1,85

Totalstabiliteten av området i dagens tilstand er tilfredsstillende for alle beregninger. Ved ADP-analyse er det kontrollert både sirkulære glideflater og også en sammensatt glideflate som går ned mot bekken. Lavest sikkerhet er vist for sirkulære glideflate i toppen av skråningen.

For ferdig utbygd tilstand er det regnet med et 3 etasjers småhus med antatt last på 30 kPa i skråningstoppen. Stabiliteten er ifølge beregninger tilfredsstillende, med materialkoeffisient $\gamma_m \geq 1,58$.

6. Stabilitet av fyllinger og utgravinger

Laster, fyllinger og skjæringer på tomten skal kontrolleres ved detaljprosjektering av geotekniker. Videre skal fundamentering av kraner, plassering av massedeponier og lagerplasser i anleggsperioden kontrolleres av geotekniker. Også graving av grøfter for rør skal kontrolleres.

7. Fundamenteringsforhold

Bolighus og veger kan fundamenteres direkte på tørrskorpeleire eller leire. Massene er meget telefarlige (telegruppe T4). Dette krever frostsikring av konstruksjoner. Grunnvannstand antas mellom 2 og 6 m under terreng. Det skal dimensjoneres egnet drenasje under byggene.

Organiske lag i toppen må alltid fjernes under veier og fundamenter.

Beregning av dimensjonerende bæreevne

Bæreevnen beregnes ifølge formler gitt i Statens vegvesen håndbok 016:

For totalspenningsmateriale (leire)

$$2) \quad \sigma_v = N_c \cdot \tau_d + p_v = 138 \text{ kPa} + p_v$$

σ_v = vertikal bæreevne (dimensjonerende)

N_c = Bæreevnefaktor (se figur 6.10 SV håndbok 016) $\approx 5,2$ for leire

B_0 = Fundamentbredde, effektiv

$P_v = \gamma \cdot z$ = vertikalt overlagingstrykk

$\tau_d = s_u / \gamma_m$ = Dimensjonerende styrke (udrenert, konservativ antatt midlere $s_u = 40$ kPa)

γ_m = materialkoeffisient ($\gamma_m = 1,5$ for totalspenningsanalyse)

Disse former gjelder bare for rene vertikallaster. Dersom man har fundamenter med horisontale komponenter må disse beregnes separat. Det samme gjelder fundamenter med hellende terreng foran.

8. Setninger

Det ble utført et ødometerforsøk på leira, som viser overkonsolidert leire (se vedlegg 4). Laster som forventes påført jorda ligger langt under forbelastningstrykket. Setninger under fundamenter og fyllinger må beregnes ved detaljprosjektering.




Trine Flobak

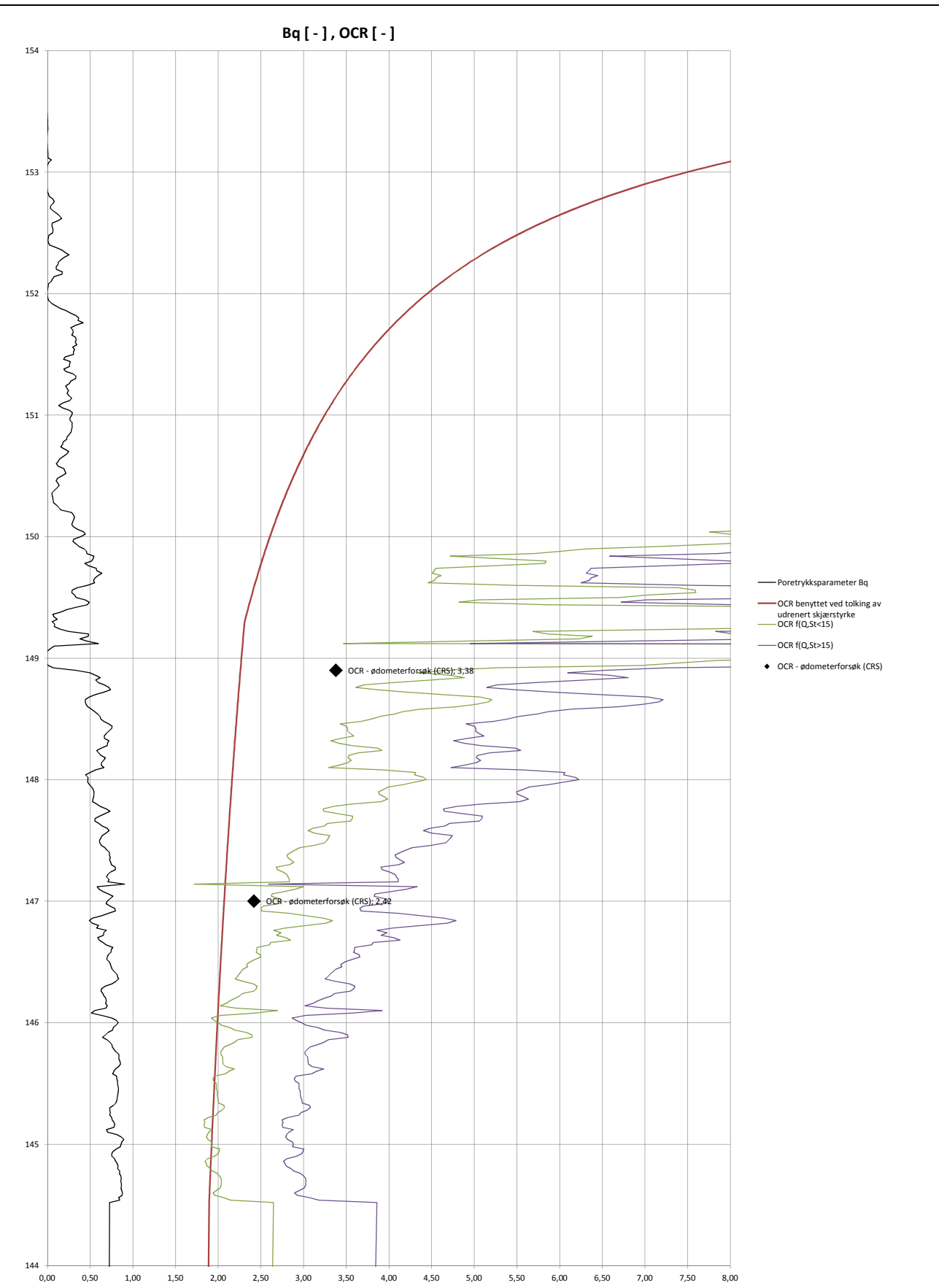
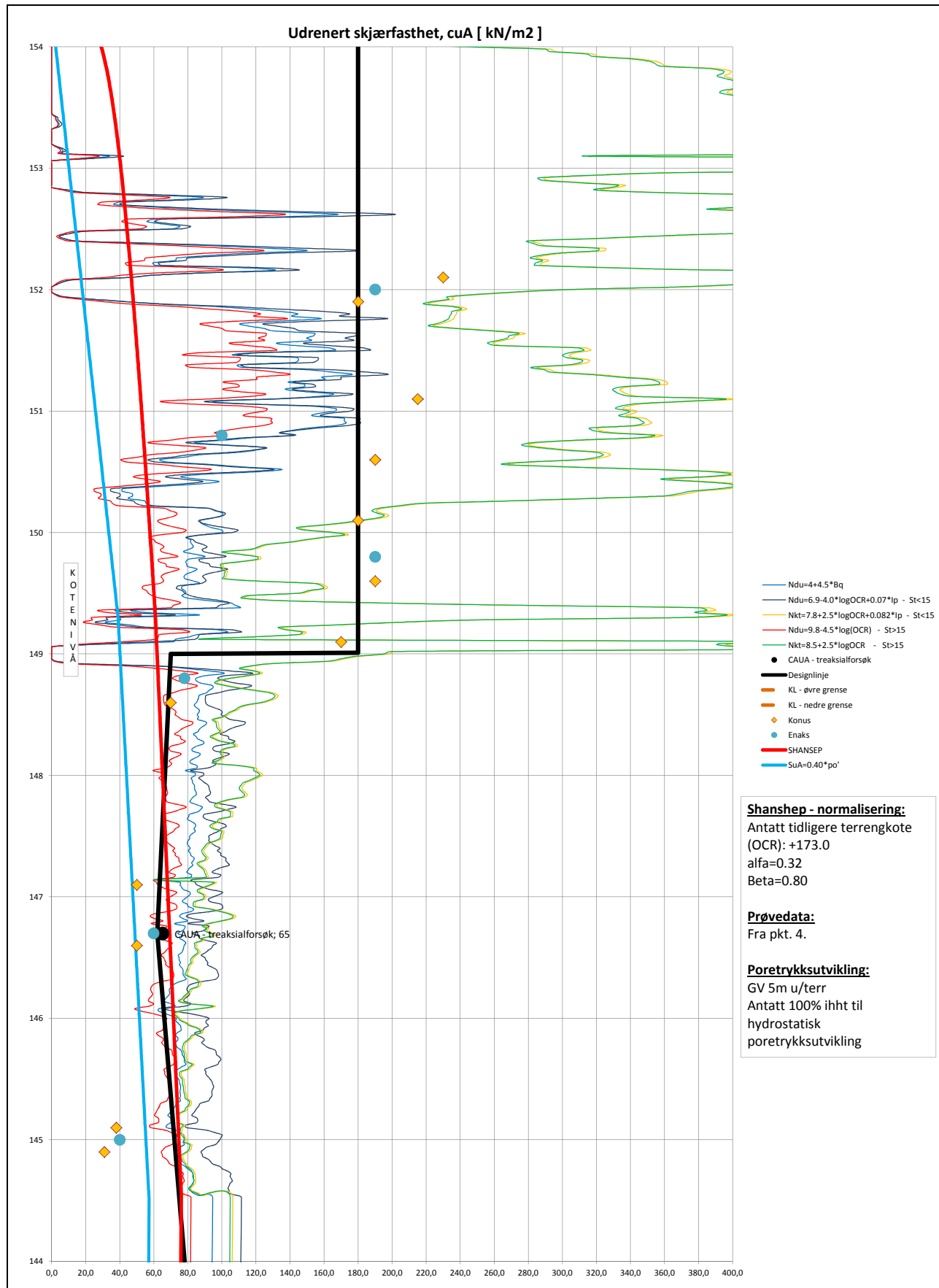


Aiga de Zeeuw

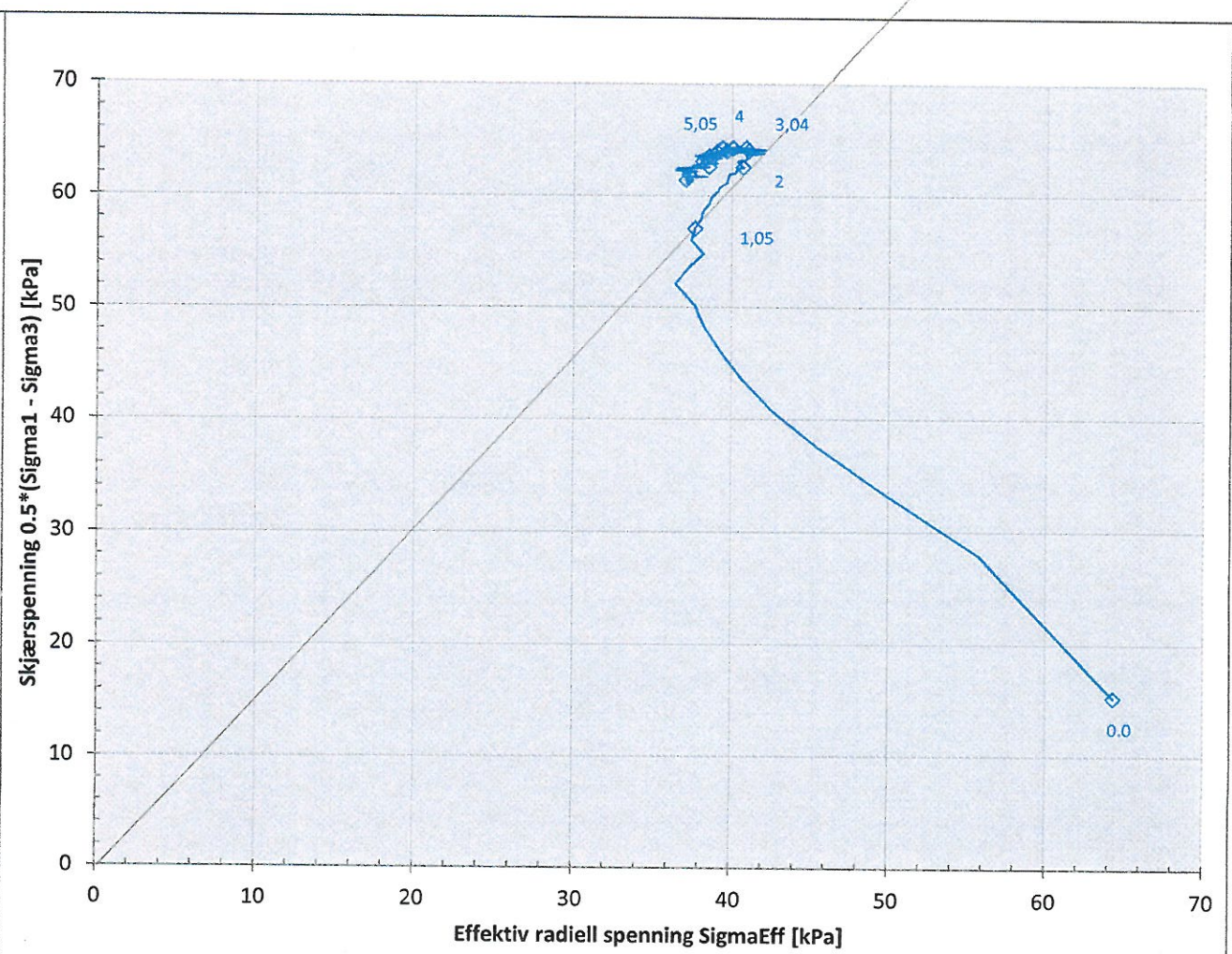
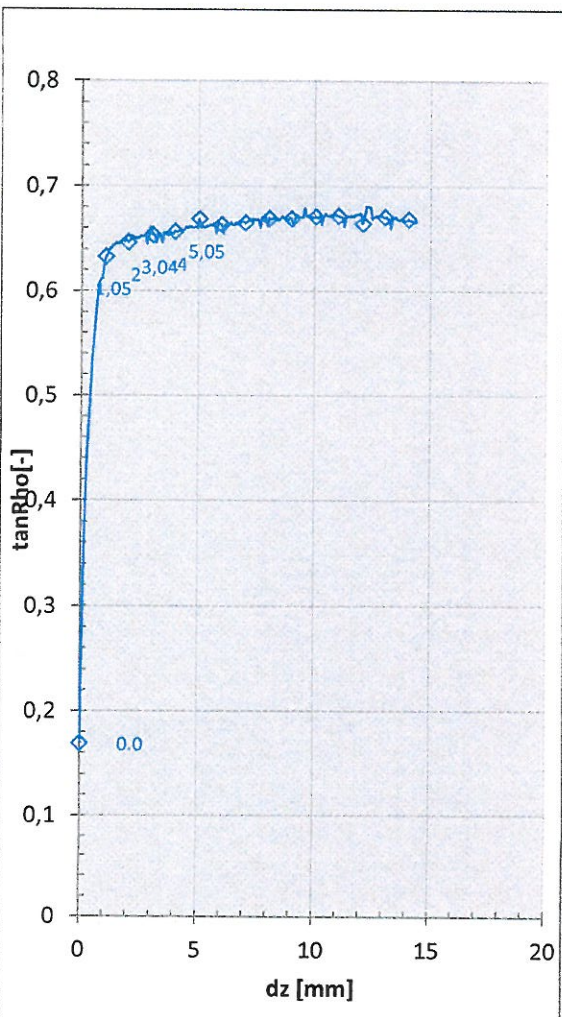
Vedlegg: 1: ROS-analyse
 2: Tolkning av CPTU-sondering
 3: Treaksialforsøk
 4: Ødometerforsøkene

Tegning nr. 200 Situasjonsplan
 201-204 Stabilitetsberegninger

 ROS-ANALYSE				Oppdrag: Kunnskapsveien Røyken Oppdragsnummer: 6130008 Dato: 24.04.2013 Saksbehandler Aiga de Zeeuw Kontrollert:							
ref: "Program for økt sikkerhet mot leirskred, Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire" 20001008-2 datert 31 august 2001. Revisjon 3 datert 8 oktober 2008											
Skadekonsekvens				Forklaring							
vurdering:											
Faktor	vektall	Analyse 2013		kommentar	Faktor	vektall	Konsekvens, score				
							3	2	1	0	
Boligheter	4	3		tett småhusbebyggelse	Boligheter, antall	4	Tett>5	Spredt >5	Spredt <5	Ingen	
Næringsbygg, personer	3	3		skole, barnehage	Næringsbygg, personer	3	>50	10-50	<10	Ingen	
Annen Bebyggelse, verdi	1	3		Transformatorstasjon	Annen Bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	
Vei	2	1		Antatt ÅDT 500-1000	Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100	
Toglinje	2	0			Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen	
Kraftnett	1	3		kraftledning fra transformatorstasjon	Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	
Oppdemming/flo	2	2			Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	
Poeng (score x vektall):		33	0								
Beregnet skadekonsekvensklasse: Meget Alvorlig											
Skadekonsekvens		0,73	0,00								
Faregradsklasser (sannsynlighet)				Forklaring							
vurdering:											
Faktor	vektall	Analyse 2013		kommentar	Faktor	vektall	Faregrad, score				
							3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	0		ikke skredaktivitet ifølge grunneier	Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	
Skråningshøyde	2	1		15 m	Skråningshøyde, m	2	>30	20-30	15-20	<15	
Tidligere/nåværende terrengnivå	2	0		OCR=2,42	Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	
Poretrykk, overtrykk	3	0		Antatt hydrostatisk poretrykksforhold	Poretrykk, overtrykk (kPa)	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	
Poretrykk, undertrykk	-3	0			Poretrykk, undertrykk (kPa)	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	Hydrostatisk	
Kvikkleiremektighet	2	0		Ikke kvikkleire definert	Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	
Sensitivitet	1	2			Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	
Erosjon	3	1		Antatt	Erosjon	3	Aktiv/Glidning	Noe	Lite	Ingen	
Inngrep, forverring	3	2		Pålastning	Inngrep, forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	
Inngrep, forbedring	-3	1		Utgraving for sokkelnivå	Inngrep, forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen	
Poeng (score x vektall):		10	0								
Beregnet faregradsklasse: Lav Lav											
Faregrad		0,20	0,00								
Risiko (skadekonsekvens x faregrad)		1438	0								
Risikoklasse:		3	1								



TRYGVE RUD		Tegn./kontr. MTV/ADZ	Oppdrag 6130008
Kunnskapsveien Røyken			Vedlegg 2
Borpunkt:	4	Dato 12.04.2013	Tegn. Nr. -
Terrengkote: 154,3			
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR			

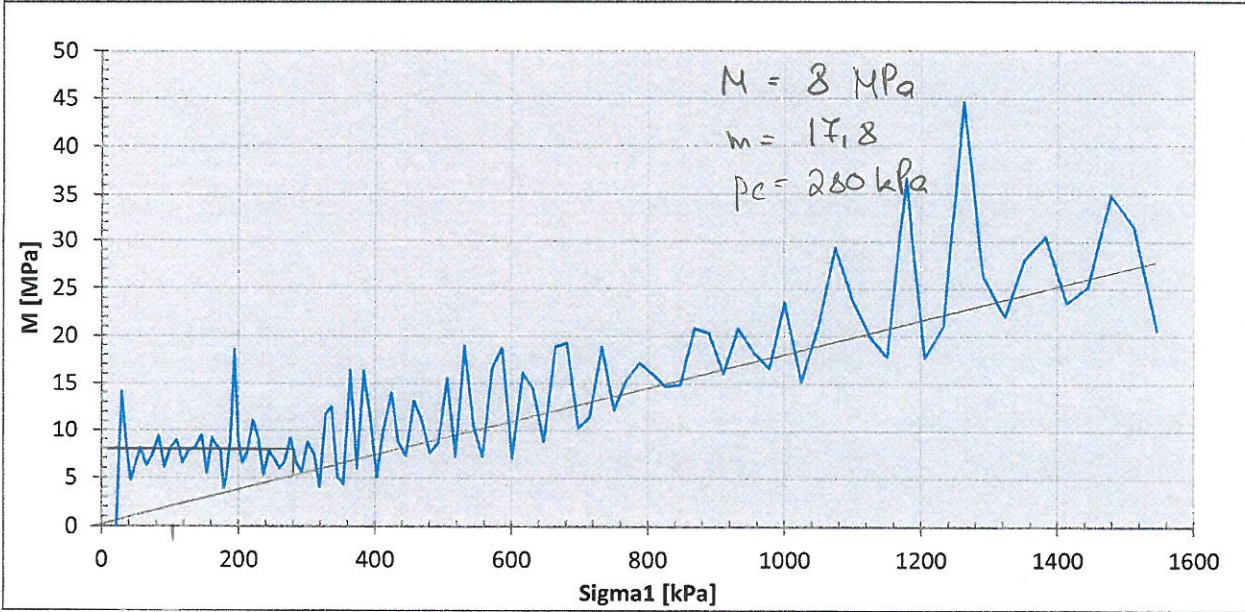
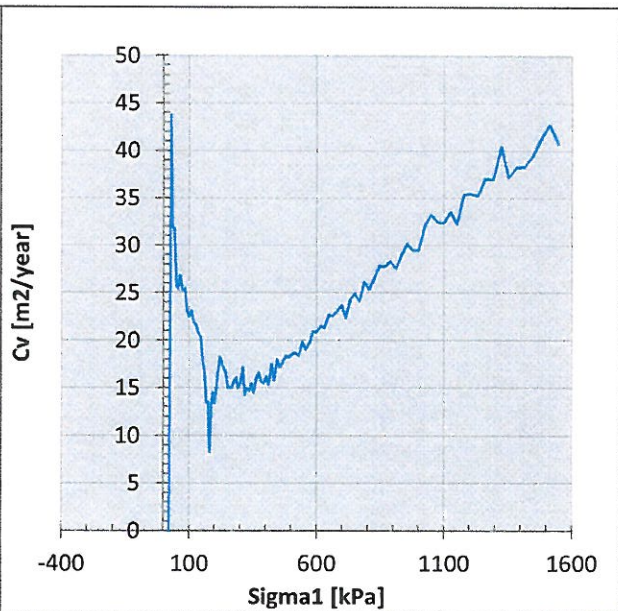
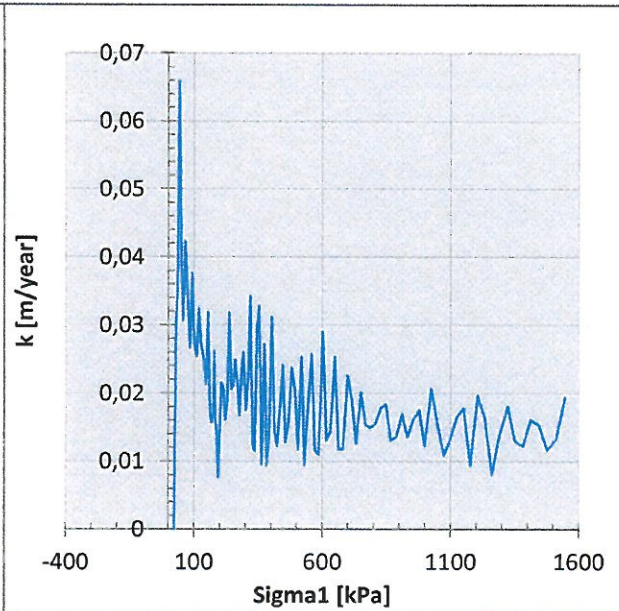
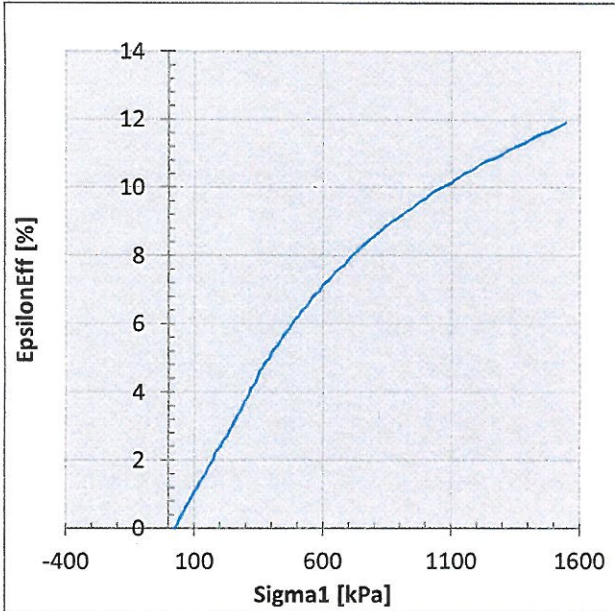


TRIAXIAL TEST from GEOLAB
 Prosjekt: 6130008 Kunnskapsveien Sample 'lab 10(151)'
 Bilagsnr.: Depth: 7,4 m
 Tegning nr.: Volume change [%]: 1,91
 Kontrollert av : PL Density [kN/m3]: 19,5
 Attraction a [kPa]: 12 Water content [%]: 29,93

$\alpha = 0$
 $\varphi = 33^\circ$



VE DLEGA 3



LØVLIEN GEORÅD - ODOMETER TEST

Job reference: 13-61 Kunnskapsveien

Borehole id: Punkt 1 Ødo 1

Sample depth: 5,4 m

Sample density [kN/m³]: 19,2

Axial Strain rate [%/hr]: 0,75

Bilag:

Tegn. nr:

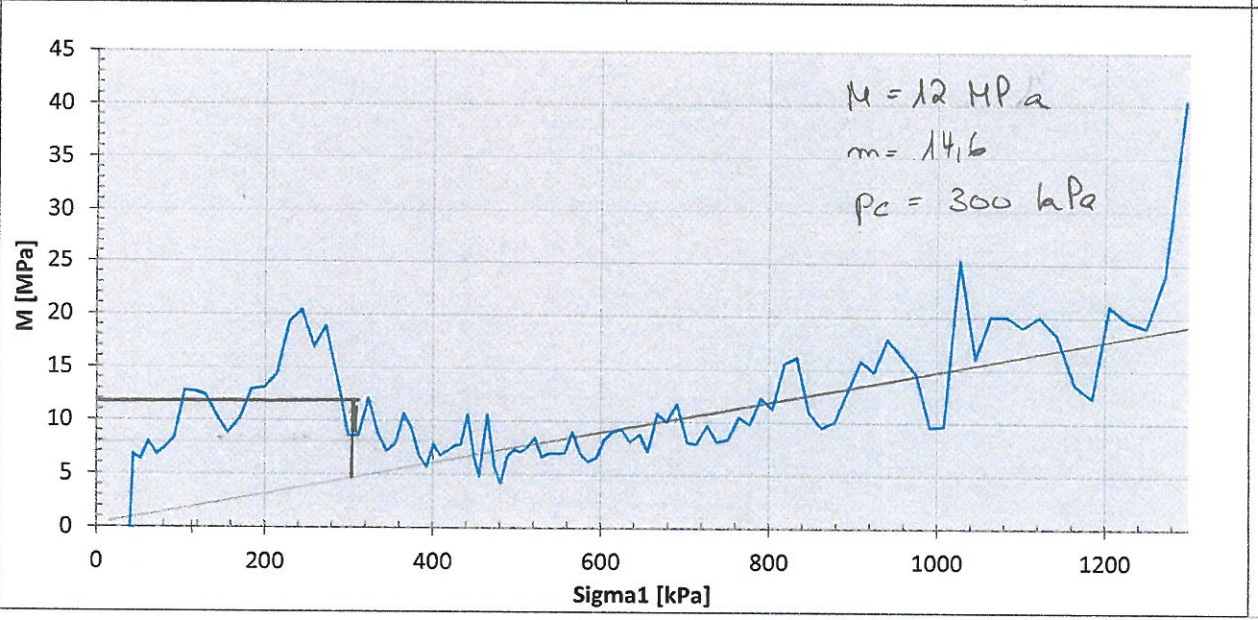
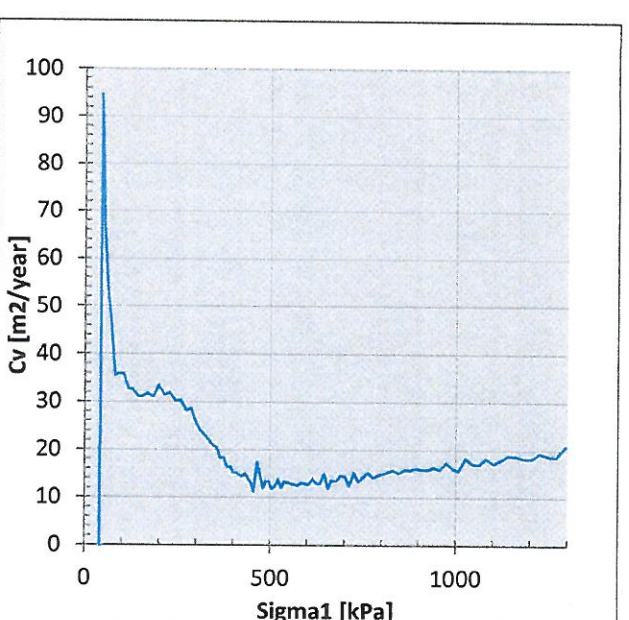
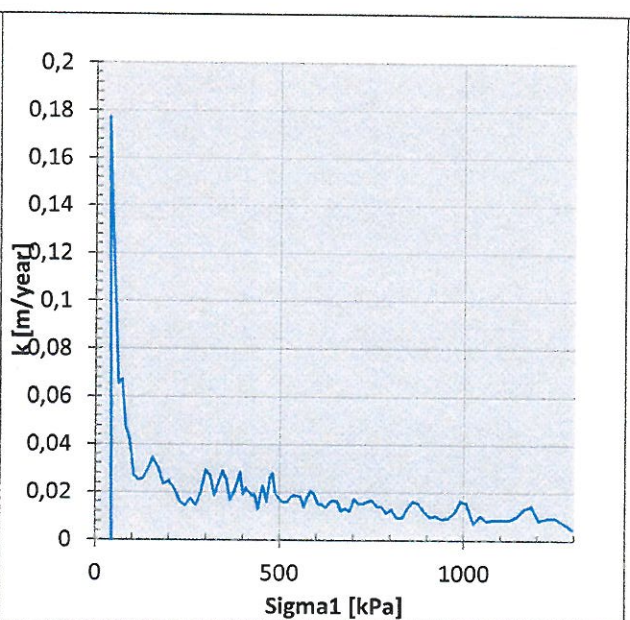
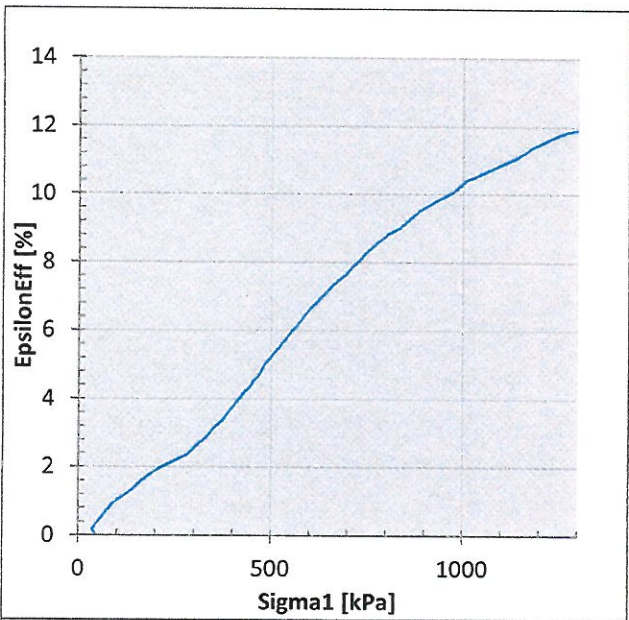
Controlled by: PL

Sign.:



LØVLIEN GEORÅD
Geoteknikk - Grunnundersøkelser
www.georad.no

VEDLEGG 4
S. 112



LØVLIEN GEORÅD - ODOMETER TEST

Job reference: 13-61 Kunnskapsveien

Borehole id: Punkt 4

Sample depth: 7,3 m

Sample density [kN/m³]: 19,5

Axial Strain rate [%/hr]: 0,75

Bilag:

Tegn. nr:

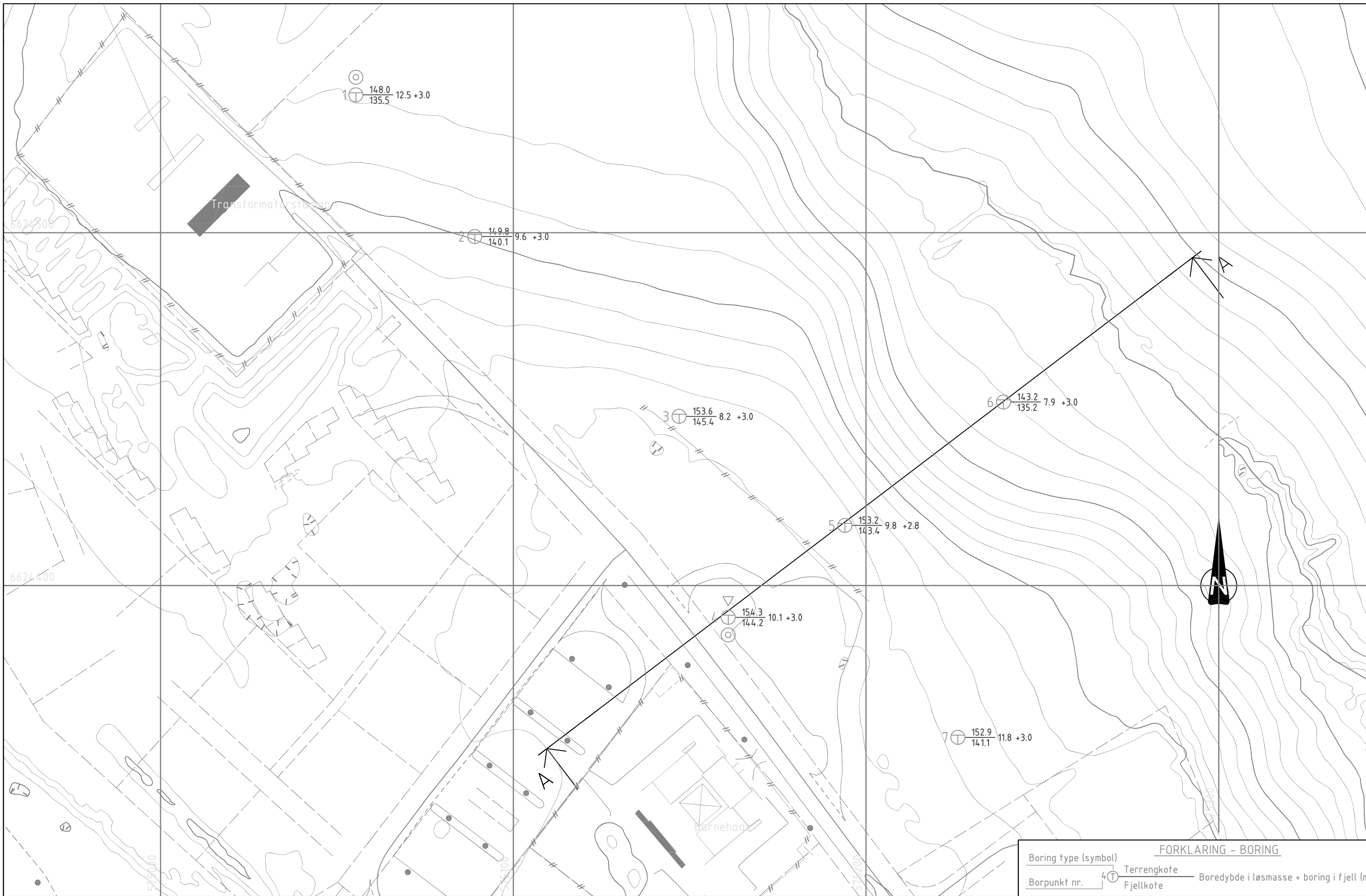
Controlled by: PL

Sign.:



$p_0' = 116 \text{ kPa}$

VEDLEGG 4
S. 2/2



FORKLARING - BORING	
Boring type (symbol)	Terrengkote
Borpunkt nr.	Fjellkote
	Boredybde i løsmasse + boring i fjell (m)

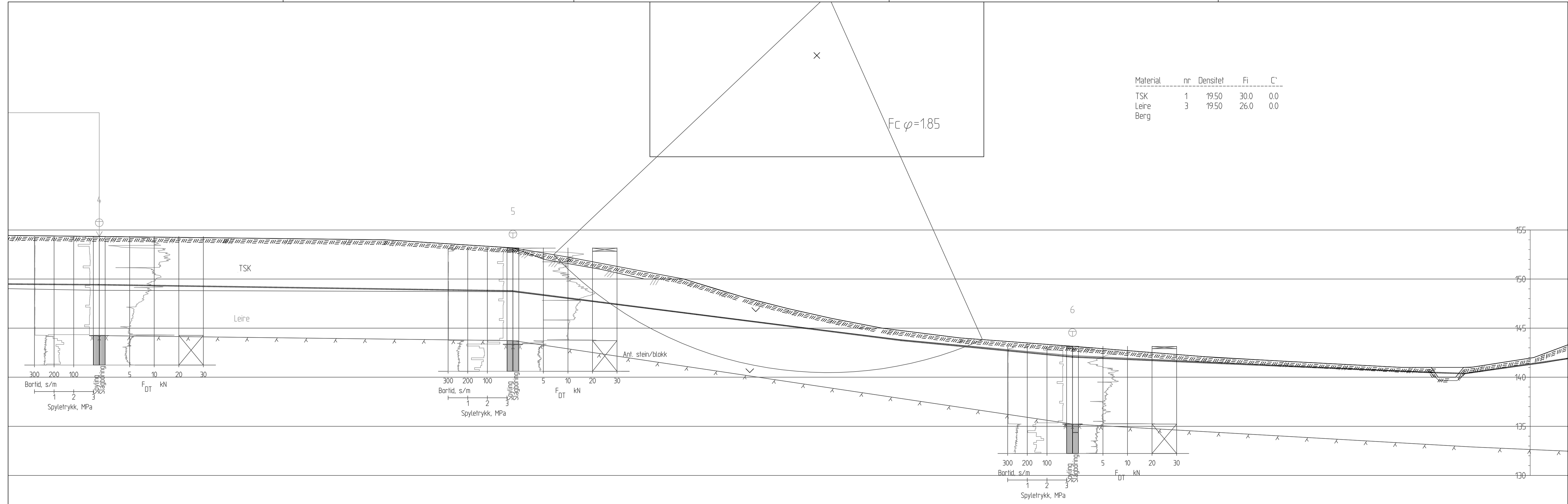
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
	18.04.2013		BVN	TFK	ADZ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Rambøll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDRAG
Kunnskapsvegen Røyken
 OPPDRAGSGIVER
Trygve Rud

INNHOLD
SITUASJONSPLAN
 Plassering av profil A-A

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6130008	1:1000		
TEGNING NR.			REV.
200			



00 12.04.2013 REV. DATO ENDRING	ADZ TEGN KONTR GODKJ	RAMBOLL Ramboll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomila 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG Kunnskapsvegen Røyken	INNHOLD Stabilitetsberegning Dagens situasjon Effektivspenningsanalyse	OPPDRAG NR. 6130008	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
			OPPDRAGSGIVER TRYGVE RUD	TEGNING NR. 201	REV. 0			

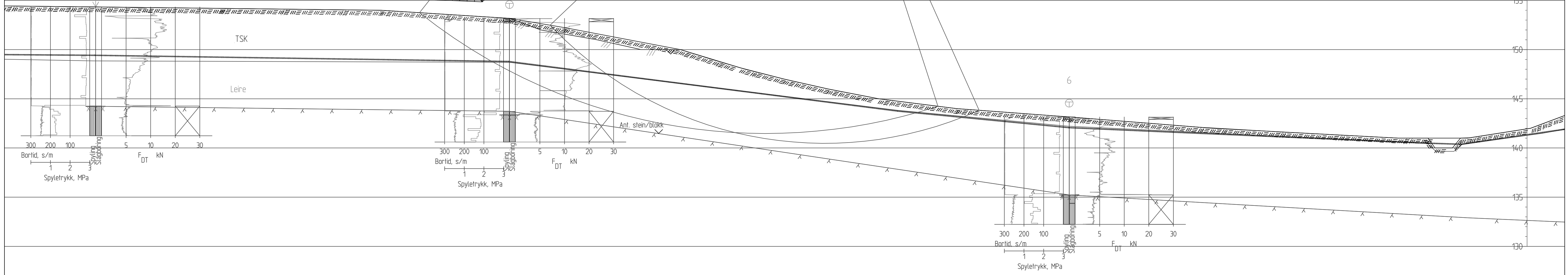
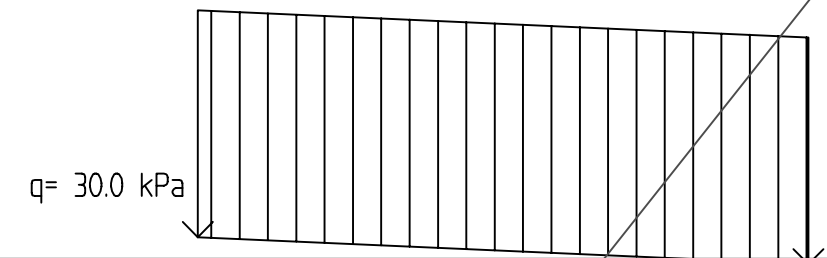
TEGNINGSSTATUS

$F_c \varphi = 1.91$

$F_c \varphi = 1.85$

Material	nr	Densitet	F_i	C'
TSK	1	19.50	30.0	0.0
Leire	3	19.50	26.0	0.0
Berg				

Antatt last fra bygg



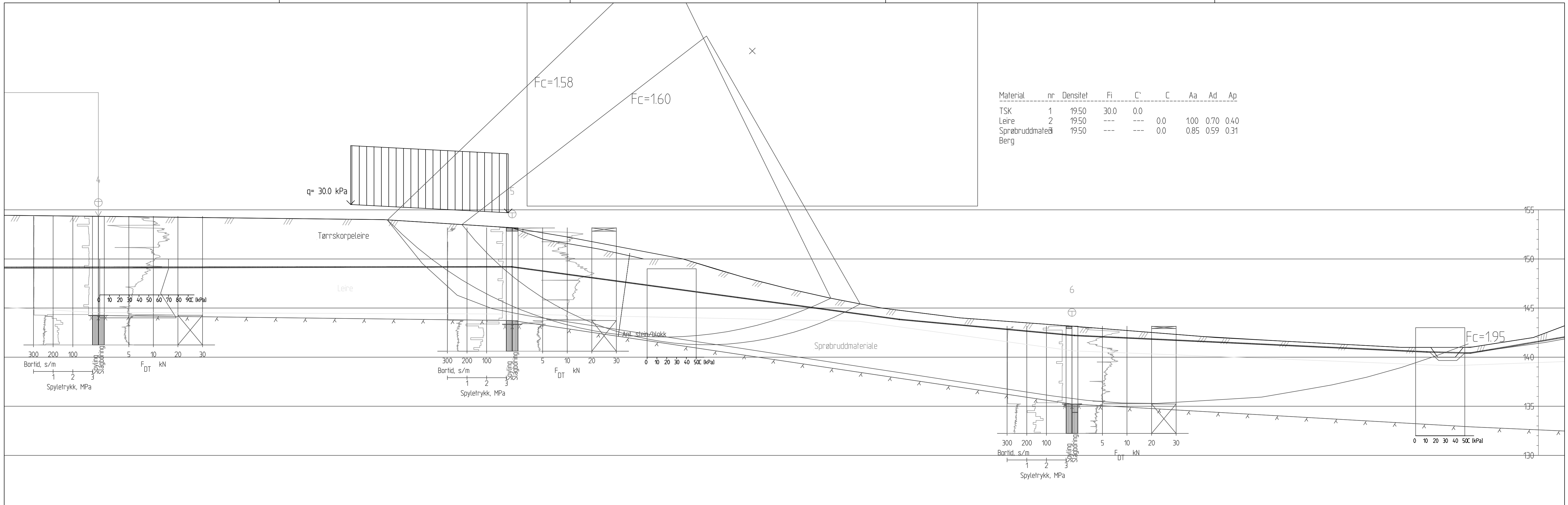
00	12.04.2013		ADZ		
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Ramboll AS - Region Midt-Norge
 P.b. 9420 Sluppen
 Mellomila 79, N-7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60
 www.ramboll.no

OPPDAG
Kunnskapsvegen Røyken
 OPPDRAGSGIVER
TRYGVE RUD

INNHOVD
 Stabilitetsberegning
 Byggefase
 Effektivspenningsanalyse

OPPDAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
6130008	1:200	01	01
TEGNING NR.			REV.
203			0



Material	nr	Densitet	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
TSK	1	19.50	30.0	0.0				
Leire	2	19.50	---	---	0.0	1.00	0.70	0.40
Sprøbruddmateriale		19.50	---	---	0.0	0.85	0.59	0.31
Berg								

00 15.04.2013 REV. DATO ENDRING TEGNINGSSTATUS	ADZ TEGN KONTR GODKJ	RAMBOLL Ramboll AS - Region Midt-Norge P.b. 9420 Sluppen Mellomila 79, N-7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 - FAX: 73 84 10 60 www.ramboll.no	OPPDRAG Kunnskapsveien Røyken	INNHOLD Stabilitetsberegning Profil A-A Utbygd tilstand ADP-analyse	OPPDRAG NR. 6130008	MÅLESTOKK 1:200	BLAD NR. 01	AV 01
			OPPDRAGSGIVER TRYGVE RUD	TEGNING NR. 204	REV. 0			