

RAPPORT

Sanering av planovergang, Kilnes

OPPDRAAGSGIVER

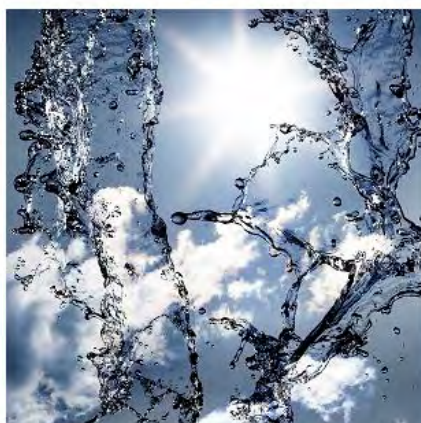
Jernbaneverket

EMNE

Datarapport grunnundersøkelser

DATO / REVISJON: 6. januar 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 415952-520-RIG-RAP-001



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

OPPDAG	Sanering av planovergang, Kilnes	DOKUMENTKODE	415952-520-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport grunnundersøkelser	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDAGSGIVER	Jernbaneverket	OPPDAGSLEDER	Knut Johansen
KONTAKTPERSON	Åge Sjømark	UTARBEIDET AV	Jin Kjellsdatter Melhus
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 6129 NORD: 70368	ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.	216 / 1 / / Stjørdal kommune		

SAMMENDRAG

Jernbaneverket planlegger å sanere planovergang km 51,590 på Meråkerbanen ved Kilnes, Sona i Stjørdal kommune. For å sikre adkomst til den berørte eiendommen planlegges det en ny gårdsveg fra lokalvegen (Kilnesvegen) på sørsiden av jernbanesporet. Den nye gårdsvegen føres i kulvert under jernbanesporet til gården Kilnes på nordsiden av jernbanesporet. I tillegg er det planlagt en ny avlingsveg.

Multiconsult ASA er engasjert av Jernbaneverket til å utføre grunnundersøkelser for de planlagte adkomstvegene samt å gi geoteknisk vurdering av vegtraséene.

Det undersøkte området ligger ved gården Kilnes ca. 8 km øst for Hegra i Stjørdal kommune. Gården Kilnes ligger rett nord for Meråkerbanen like øst for hvor elvene Sona og Stjørdalselva møtes. Området avgrenses av Kilnesvegen i sør, elva Sona i vest og Stjørdalselva i nord.

Gården Kilnes ligger på en terrasse sør for Stjørdalselva hvor terrenget ligger på ca. kote +39. Vest for gården er det ei flat elveslette hvor terrenget ligger mellom kote ca. +28 og +32 og heller slakt nordvestover mot elva Sona. Ca. 100 m sør for jernbanelinja er det ei bratt li opp mot Rundhaugen på kote ca. +280.

Kulverten planlegges ca. 85 m vest for eksisterende planovergang. Ved planlagt kulvertplassering ligger Meråkerbanen på fylling med ca. 6 m mektighet.

Feltundersøkelsene har bestått av 6 totalsonderinger og opptak av 2 prøveserier med sylinderprøver og poseprøver.

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene består av et topplag på ca. 2 til 4 m med sand og grus over leire med siltlag til stor dybde. Utførte sonderinger er avsluttet mellom 24 m til 29 m under terreng uten at det er påtruffet berg.

			JKM	ROS	AW
00	06.01.2017	Datarapport grunnundersøkelser	Jin K. Melhus	Roar Skulbørstad	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Formål og bakgrunn	5
1.2	Myndighetskrav	5
2	Grunnundersøkelser	6
2.1	Feltundersøkelser	6
2.2	Henvisninger	6
2.3	Laboratorieundersøkelser	6
3	Topografi og grunnforhold	7
3.1	Områdebeskrivelse	7
3.2	Kvartærgeologi	7
3.3	Løsmasser, veglinje 60000 og 61000	8
4	Sluttbemerkning	9
5	Referanser	10

415952-520-RIG-TEG	- 000	Oversiktskart
	- 001	Borplan
	- 010	Geoteknisk data, PR. 1
	- 011	Geoteknisk data, PR. 6
	- 060	Korngradering, PR. 1, dybder 0,5-1 m, 1-2 m og 7,45 m
	- 061	Korngradering, PR. 6, dybder 3-3,6 m
	- 100.1	Tverrprofil veglinje 60000, profil 30
	- 100.2	Tverrprofil veglinje 60000, profil 60
	- 100.3	Tverrprofil veglinje 60000, profil 80
	- 100.4	Tverrprofil veglinje 60000, profil 130
	- 100.5	Tverrprofil veglinje 60000, profil 190
	- 100.6	Tverrprofil veglinje 60000, profil 230
	- 101.1	Tverrprofil veglinje 61000, profil 0
	-150	Borutskrift, Borpunkt. 3
	- 200	Lengdeprofil veglinje 60000
	- 201	Lengdeprofil veglinje 61000

Geoteknisk bilag

1. Geoteknisk informasjon: Terminologi for feltundersøkelser
2. Geoteknisk informasjon: Terminologi for laboratorieundersøkelser
3. Oversikt over metodestandarder – felt- og laboratorieundersøkelser

1 Innledning

1.1 Formål og bakgrunn

Jernbaneverket planlegger å sanere planovergang km 51,590 på Meråkerbanen ved Kilnes, Sona i Stjørdal kommune. For å sikre adkomst til den berørte eiendommen planlegges det en ny gårdsveg fra lokalvegen (Kilnesvegen) på sørsiden av jernbanesporet. Den nye gårdsvegen føres i kulvert under jernbanesporet til gården Kilnes på nordsiden av jernbanesporet. I tillegg er det planlagt en ny avlingsveg. Planlagte veglinjer er vist på tegning nr. 415952-520-RIG-TEG-001.

Multiconsult ASA er engasjert av Jernbaneverket til å utføre grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering for de planlagte tiltakene.

Foreliggende rapport presenterer resultater fra de utførte grunnundersøkelsene.

1.2 Myndighetskrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2008 [1].

Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode EN-1997, del 1 for geoteknisk prosjektering [2] og – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver [3] samt gjeldende metodestandarder. I tillegg er NS 8000-serien benyttet ved utførelse av laboratorieundersøkelsene, mens feltundersøkelsene er utført i henhold til Norsk Geoteknisk Forenings meldinger. Se for øvrig bilag nr. 3 for samlet oversikt over utvalgte metodestandard.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Feltundersøkelser

Geotekniske grunnundersøkelser ble utført i uke 44 i 2016 av borleder Oddbjørn Rønning med borerigg 605 HK.

Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- Totalsondering i 6 punkter.
- Opptak av sylindrerprøver og skovlprøver i 2 borpunkt.

Totalsonderinger gir informasjon om løsmassenes beskaffenhet og lagringsforhold samtidig som metoden har god nedtrengningsevne og kan benyttes til bergpåvisning.

Borpunktene er satt ut av borleder/klargjører og er senere innmålt med Trimble GPS med CPOS og nøyaktighet 1-2 cm i horisontalplanet og 4-5 cm i vertikalplanet. Alle kotehøyder refererer til NN2000 og koordinatsystemet er oppgitt i UTM sone 32V.

Boringenes utførelse og resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

2.2 Henvisninger

Borplan med plassering av borpunkter og type boringer er vist på tegning nr. 415952-520-RIG-TEG-001. Borpunktene er opptegnet i tverrprofil på tegning nr. 415952-520-RIG-TEG-100.1 t.o.m. -101.1. Lengdeprofil av veglinje 60000 og 61000 er vist på tegning nr. 415952-520-RIG-TEG-200 og -201.

2.3 Laboratorieundersøkelser

De opptatte poseprøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene, samt bestemmelse av prøvenes mekaniske egenskaper. Ved denne undersøkelsen er prøvene geoteknisk klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold, uomrørt og omrørt udrenert skjærfasthet i massene, samt kornfordeling på fire utvalgte prøver.

Resultat fra rutineundersøkelser er presentert som geoteknisk data i borprofil, på tegning nr. 415952-520-RIG-TEG-010 og -011. Korngradering er vist i tegning nr. -060 og -061.

Utførelse av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

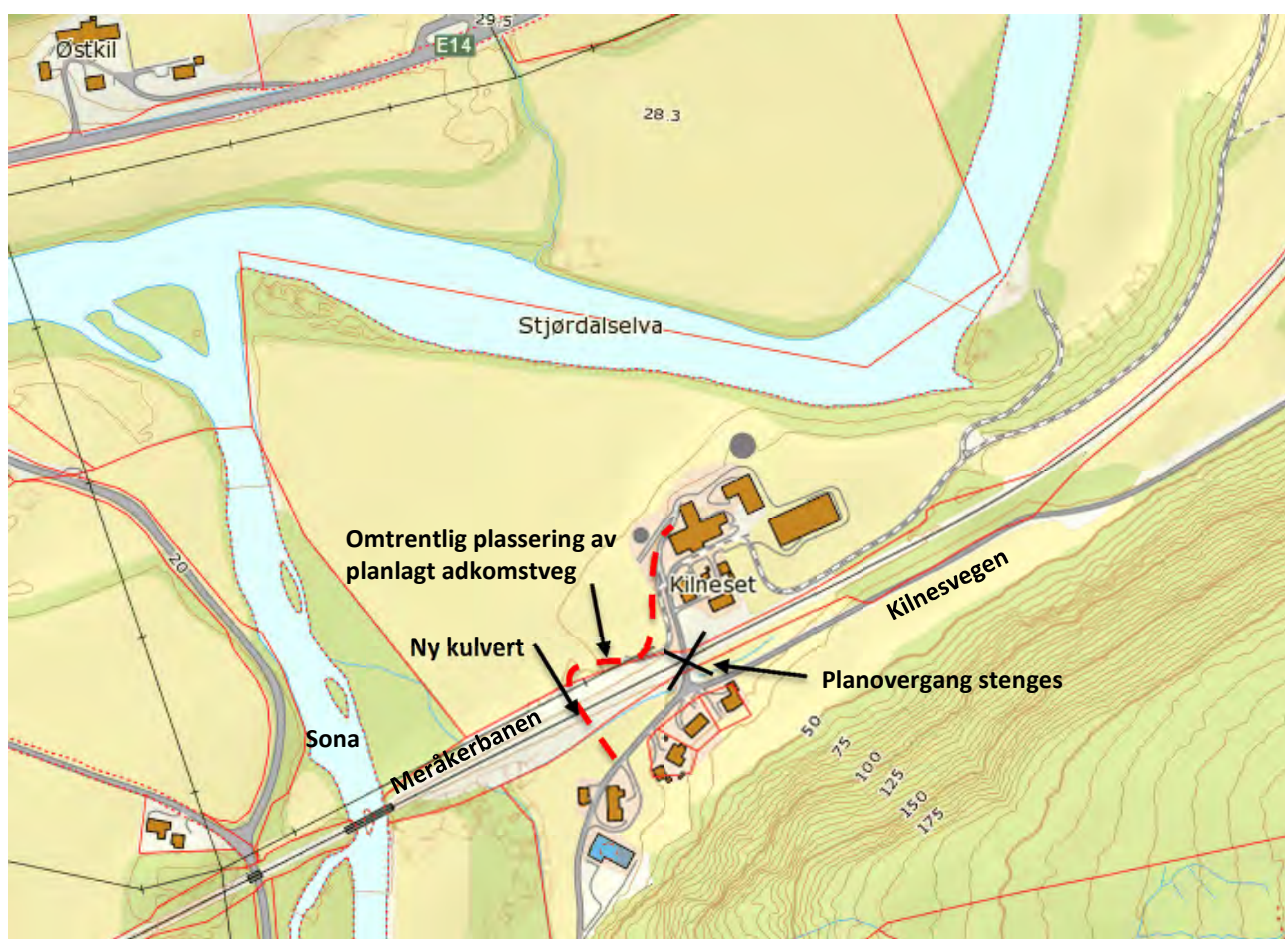
3 Topografi og grunnforhold

3.1 Områdebeskrivelse

Det undersøkte området ligger ved gården Kilnes ca. 8 km øst for Hegra i Stjørdal kommune. Gården Kilnes ligger rett nord for Meråkerbanen like øst for hvor elvene Sona og Stjørdalselva møtes. Området avgrenses av Kilnesvegen i sør, elva Sona i vest og Stjørdalselva i nord.

Gården Kilnes ligger på en terrasse sør for Stjørdalselva hvor terrenget ligger på ca. kote +39. Vest for gården er det ei flat elveslette hvor terrenget ligger mellom kote ca. +28 og +32 og heller slakt nordvestover mot elva Sona. Ca. 100 m sør for jernbanelinja er det ei bratt li opp mot Rundhaugen på kote ca. +280.

Kulverten planlegges ca. 85 m vest for eksisterende planovergang. Ved planlagt kulvertplassering ligger Meråkerbanen på fylling med ca. 6 m mektighet.

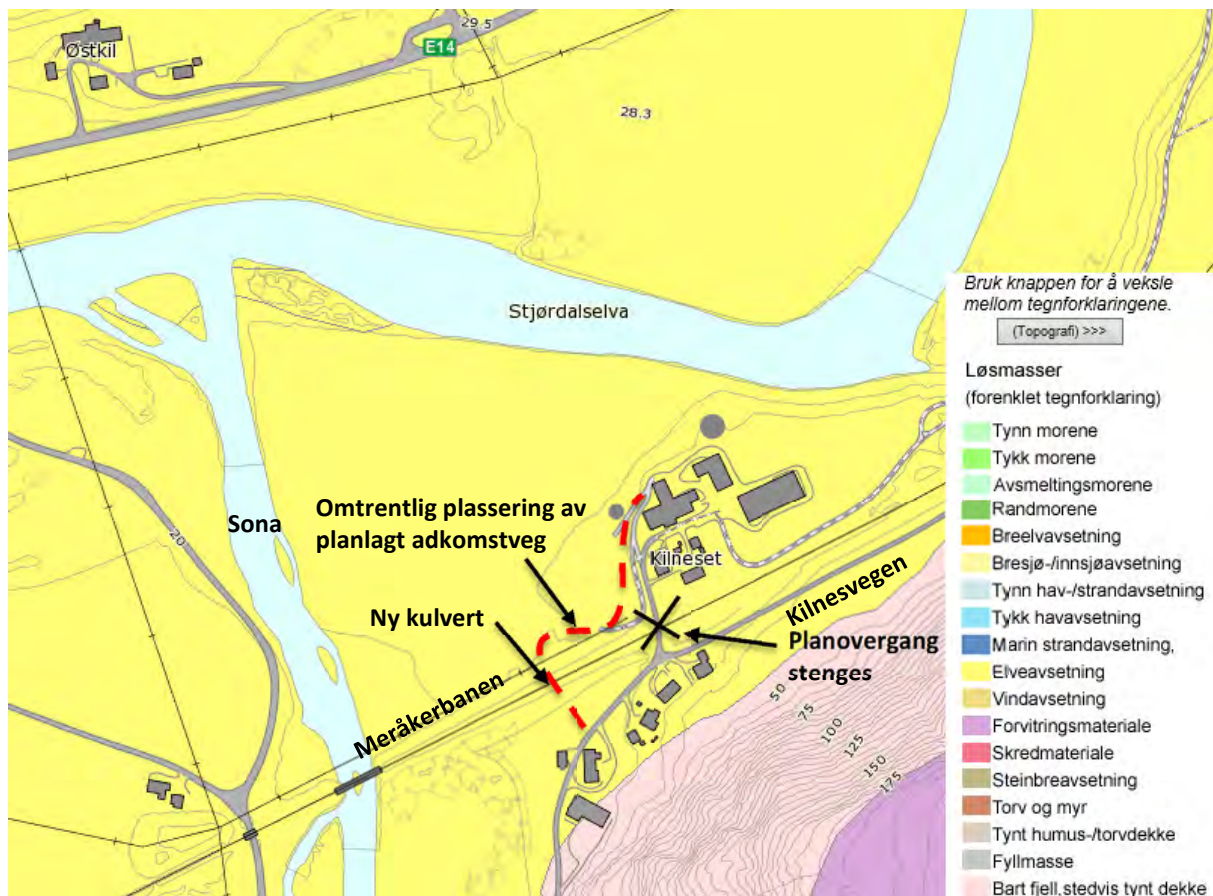


Figur 3-1: Oversiktskart over planområde (Kilde: <http://www.norgeskart.no/>)

3.2 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart viser at løsmassene i planområdet består av elveavsetning. Elveavsetning består i hovedsak av grus, sand og silt som avsettes fra elvevann.

Det bemerkes at kvartærgeologisk kart er basert på grunne prøver av løsmassene. Følgelig kan løsmassene i dybden bestå av andre masser.



Figur 3-2: Kvartærgeologisk løsmassekart (fra www.nqu.no)

3.3 Løsmasser, veglinje 60000 og 61000

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene består av et topplag på ca. 2 til 4 m med sand og grus over leire med siltlag til stor dybde. Sonderingene er avsluttet mellom 24 m til 29 m under terreng uten at det er påtuffet berg.

I PR. 6 er det registrert ca. 4 m med fyllmasser av leire, sand og grus. Disse massenes antas å være fyllmasser fra gravearbeider ved gården.

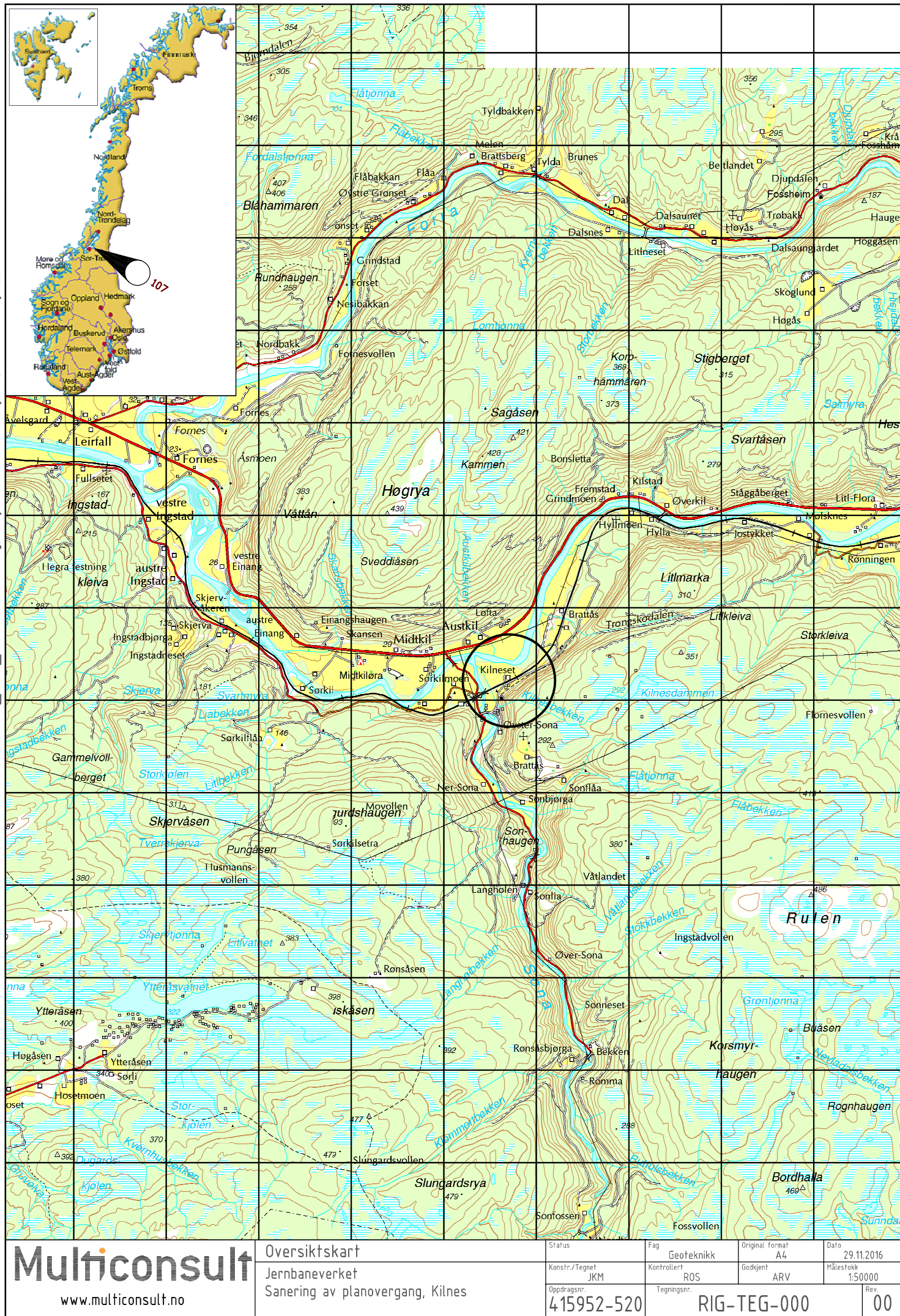
4 Sluttbemerkning

Det påpekes at grunnundersøkelsene avdekker lokale forhold i de respektive borhullene/sonderingspunktene. Disse er å betrakte som «nålestikk» og grunnforholdene mellom de aktuelle punktene kan avvike fra forholdene påvist ved grunnundersøkelsene.

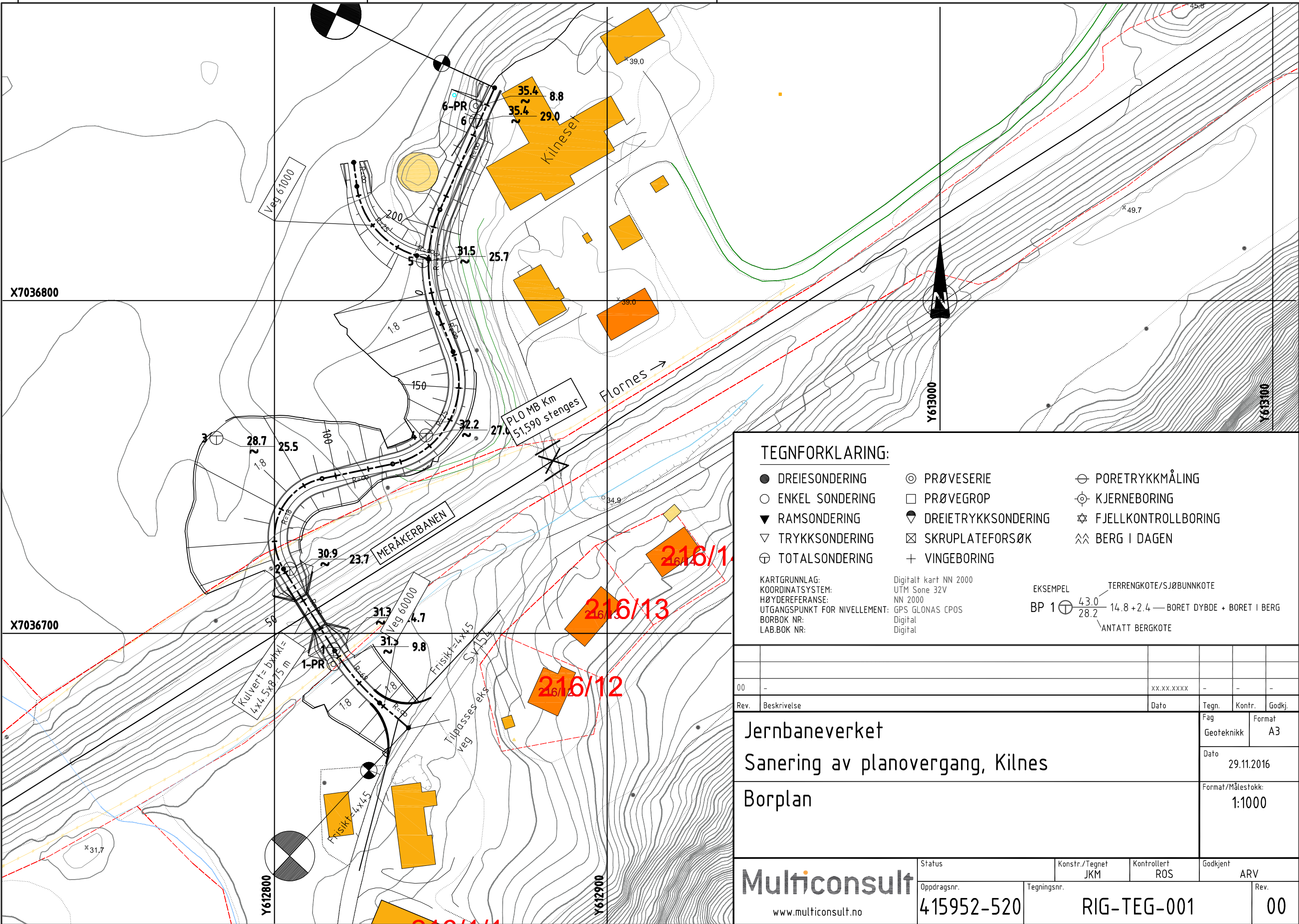
5 Referanser

- [1] Standard Norge (2008) *Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2008)*. NS-EN ISO 9001:2008. November 2008.
- [2] Standard Norge (2016) *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler*. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA2016.
- [3] Standard Norge (2010) *Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver*. NS-EN 1997-2:2007+NA2008+AC:2010.

Z:\04\15\4\15952\4\15952-11 Plandata\Kilnes\TRIG\TEG\INGRIG\4\15952-520-RIG-TEG-000_oversiktskart.dwg, - Layout: (A4 Stående skjema); - Plottet av: jkm, Dato: 2016.12.06 kl 13:29



Z:\04\15\415952-03 ARBEIDSRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-RIG-TEG-001_BORPLAN.dwg, - Layout: (BORPLAN), - Plottet av: ikm, Dato: 2017.01.04 kl 15:06



TEGNFORKLARING:

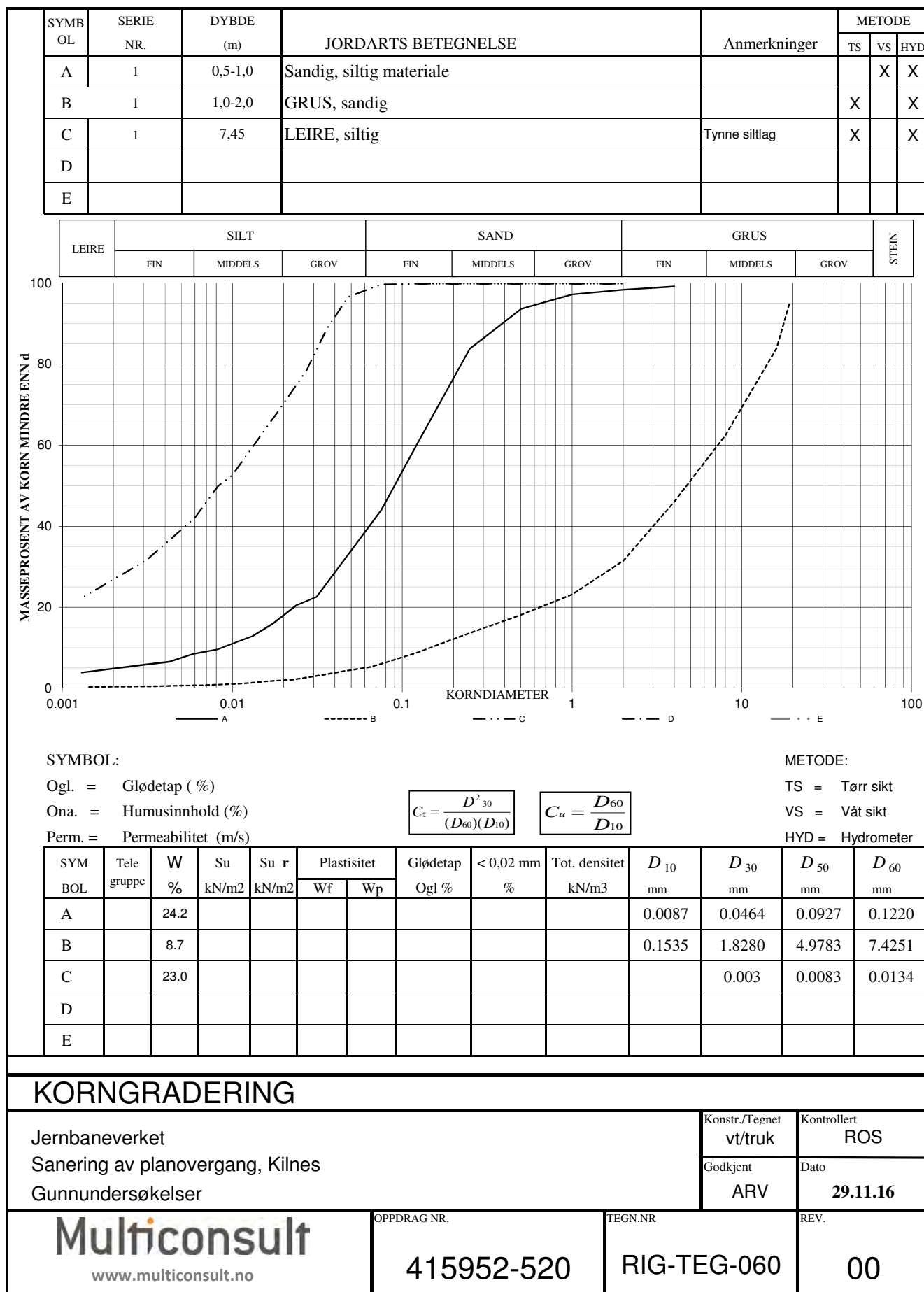
- | | | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| ● DREIESONDERING | ⊙ PRØVESERIE | ⊕ PORETRYKKMÅLING |
| ○ ENKEL SONDERING | □ PRØVEGROP | ⊗ KJERNEBORING |
| ▼ RAMSONDERING | ⬮ DREIETRYKKSONDERING | ☆ FJELLKONTROLLBORING |
| ▽ TRYKKSONDERING | ⊠ SKRUPLATEFORSØK | ⚡ BERG I DAGEN |
| ⊕ TOTALSONDERING | + VINGEBORING | |

KARTGRUNNLAG:
KORDINATSYSTEM:
HØYDEREFERANSE:
UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:
BORBOK NR:
LAB.BOK NR:

Digitalt kart NN 2000
UTM Sone 32V
NN 2000
GPS GLONAS CPOS
Digital
Digital

EKSEMPEL
BP 1 ⊕ $\frac{43.0}{28.2}$ 14.8 + 2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
ANTATT BERGKOTE

00	-	xx.xx.xxxx	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket			Fag	Format	
Sanering av planovergang, Kilnes			Geoteknikk	A3	
Borplan			Dato	29.11.2016	
			Format/Målestokk:	1:1000	
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Oppdragsnr.		JKM	ROS	ARV	
415952-520		RIG-TEG-001		00	



SYMBOL	SERIE NR.	DYBDE (m)	JORDARTS BETEGNELSE	Anmerkninger	METODE		
					TS	VS	HYD
A	6	3,0-3,6	Grusig, siltig, sandig, leirig materiale	Ant. Fyllmasse		X	X
B							
C							
D							
E							

LEIRE	SILT			SAND			GRUS			STEIN
	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	

100
 80
 60
 40
 20
 0

0.001 0.01 0.1 1 10 100

KORNDIAMETER

----- A ----- B ----- C ----- D ----- E

MASSEPROSENT AV KORN MINDRE ENN d

SYMBOL:
 Ogl. = Glødetap (%)
 Ona. = Humusinnhold (%)
 Perm. = Permeabilitet (m/s)

METODE:
 TS = Tørr sikt
 VS = Våt sikt
 HYD = Hydrometer

$$C_z = \frac{D_{30}^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

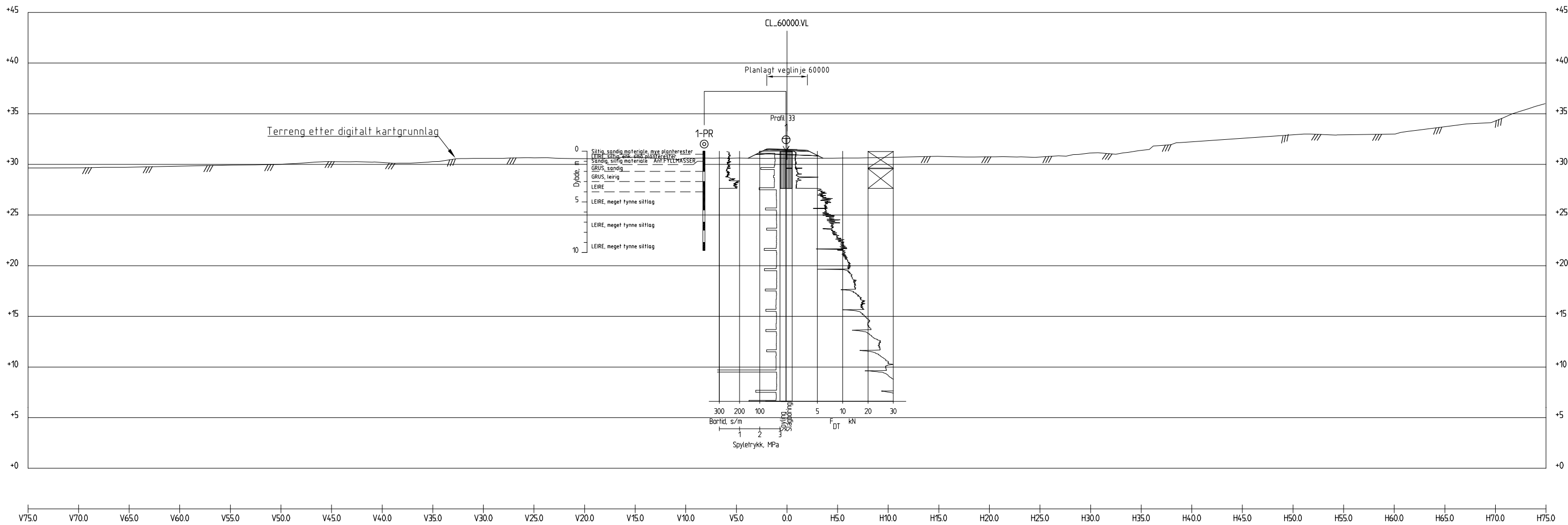
SYM BOL	Tele gruppe	W %	Su kN/m2	Su r kN/m2	Plastisitet		Glødetap Ogl %	< 0,02 mm %	Tot. densitet kN/m3	D ₁₀ mm	D ₃₀ mm	D ₅₀ mm	D ₆₀ mm
					Wf	Wp							
A		18.2								0.0019	0.0229	0.1603	0.7640
B													
C													
D													
E													

KORNGRADERING

Jernbanelverket Sanering av planovergang, Kilnes Gunnundersøkelser	Konstr./Tegnet vt/truk	Kontrollert ROS
	Godkjent ARV	Dato 30.11.16

 www.multiconsult.no	OPPDRA NR.	TEGN NR.	REV.
	415952-520	RIG-TEG-061	00

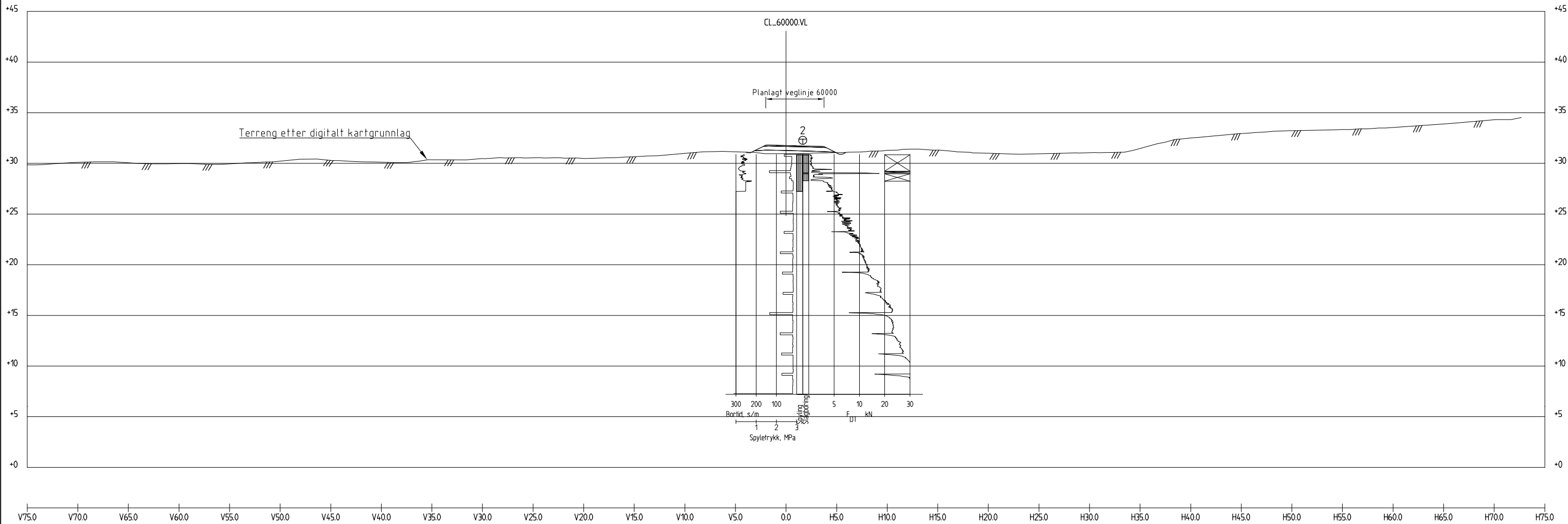
Z:\0415\415952\415952-03 ARBEIDSONMRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-60000_rev00_PR30.dwg, - Plottet av: jkm, Dato: 2017.01.04 kl 14:10



Profil 30

00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 60000 Profil 30			Format/Målestokk: 1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-100.1		Rev. 00

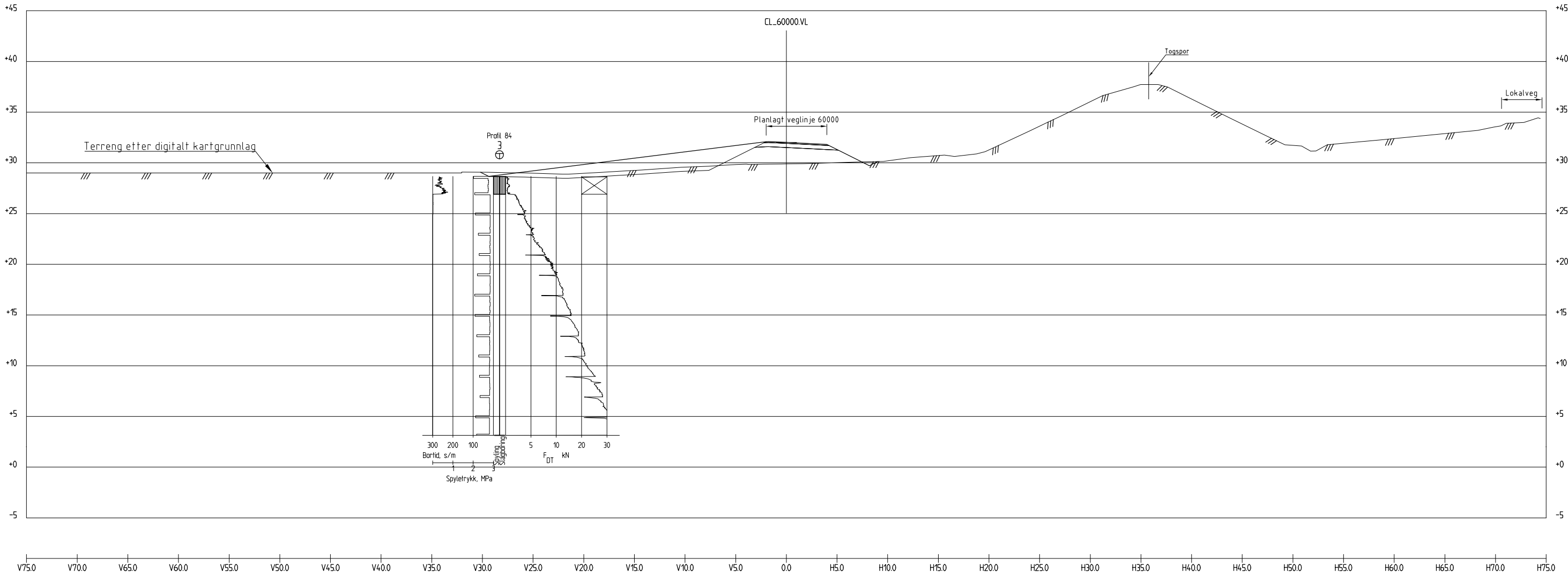
Z:\0415\415952\415952-03 ARBEIDSONRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-60000_rev00_PR60.dwg, - Layout: (A3), - Plottet av: jkm, Dato: 2017.01.04 kl 14:11



Profil 60

00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 60000 Profil 60			Format/Målestokk: 1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-100.2		
					Rev. 00

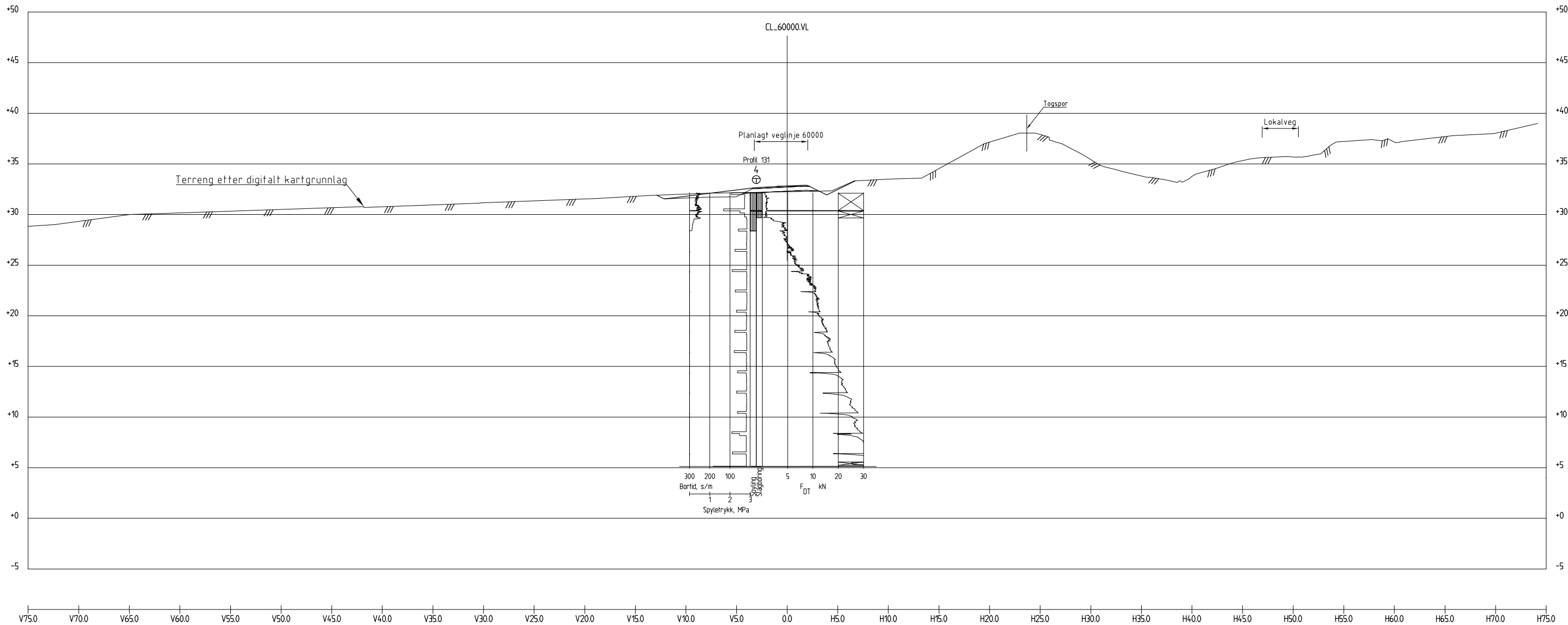
Z:\0415\415952\415952-03 ARBEIDSONMRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-60000_rev00_PR80.dwg, - Layout: (A3), - Plottet av: jkm, Dato: 2017.01.04 kl 14:12



Profil 80

00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 60000 Profil 80			Format/Målestokk: 1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-100.3		

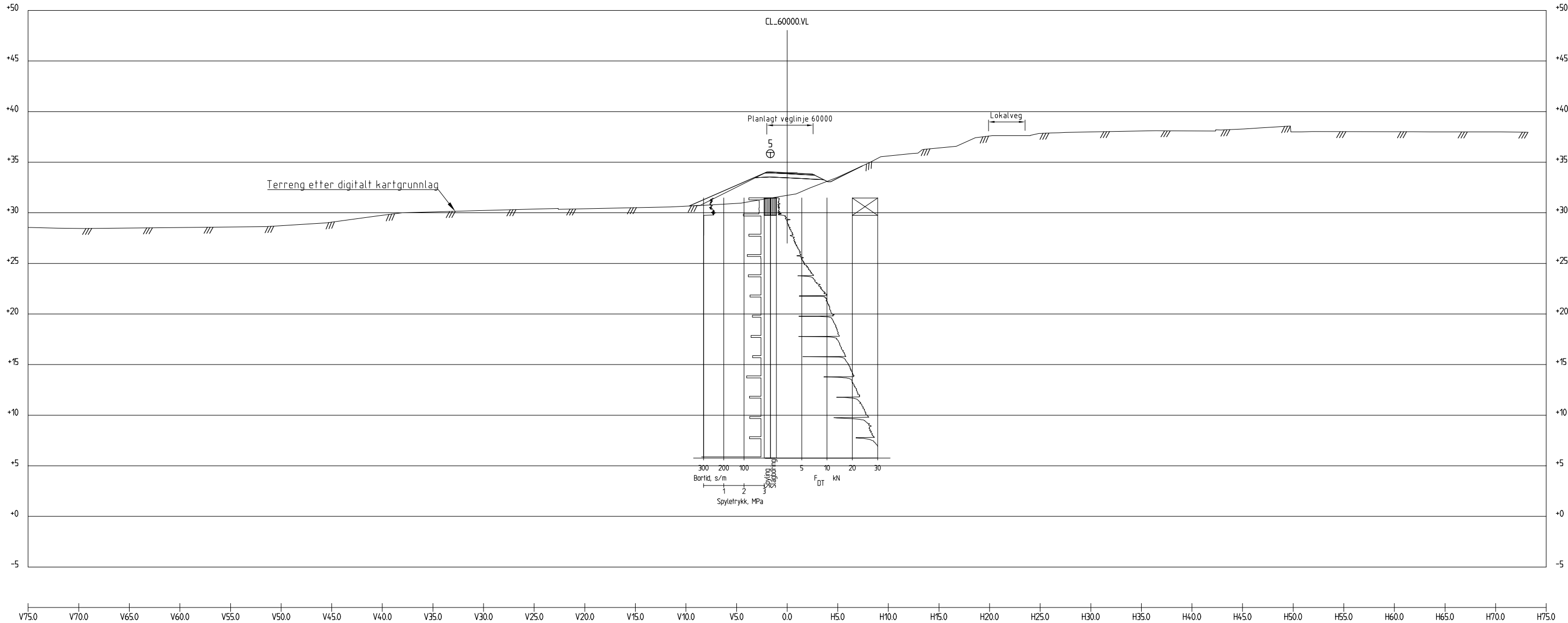
Z:\0415\415952-03 ARBEIDSONMRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-60000_rev00_PR130.dwg, - Layout: (A3), - Plottet av: jkm, Dato: 2017.01.04 kl 14:13



Profil 130

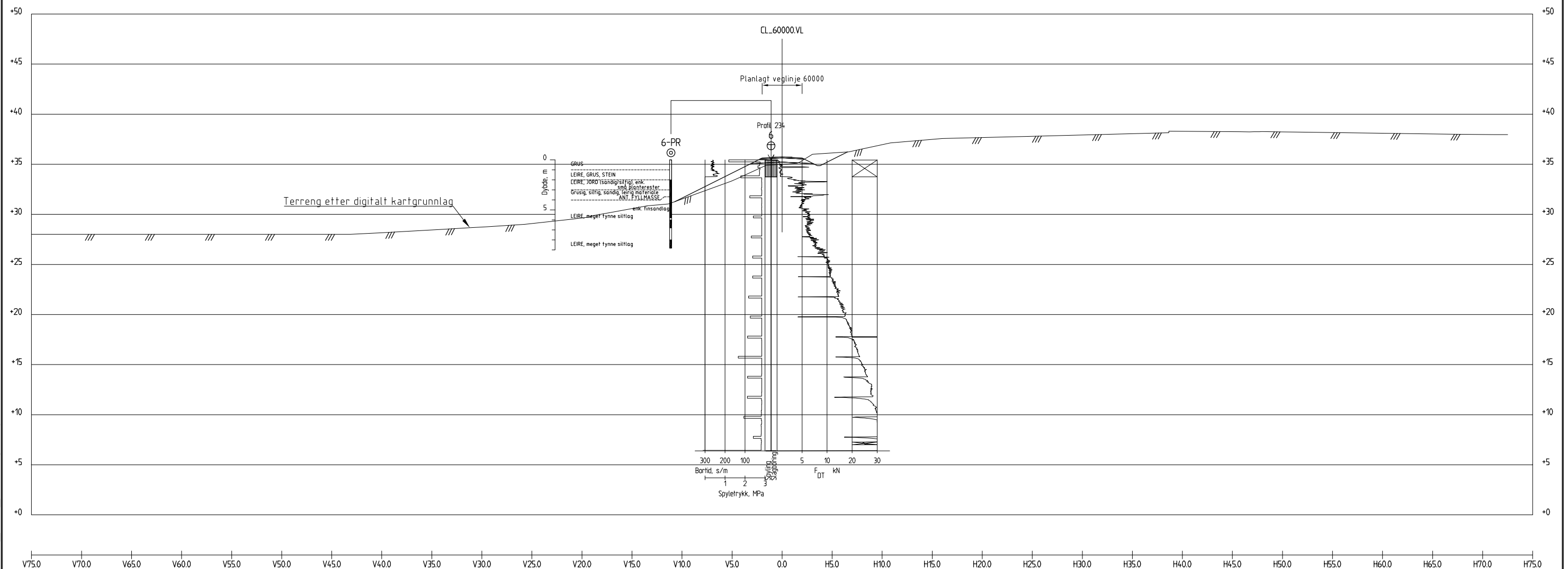
00	-		-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 60000 Profil 130			Format/Målestokk: 1:400		
 www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-100.4		
					Rev. 00

Z:\0415\415952\415952-03 ARBEIDSONMRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-60000_rev00_PR190.dwg, - Layout: (A3), - Plottet av: jkm, Dato: 2017.01.04 kl 14:21



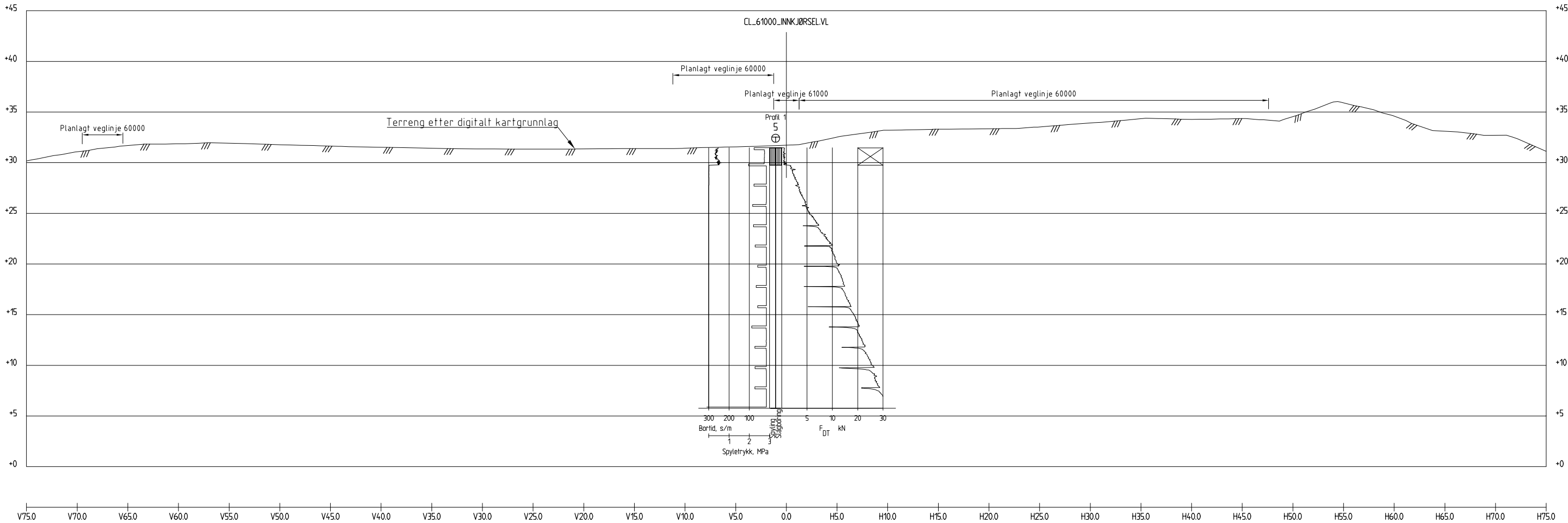
Profil 190

00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 60000 Profil 190			Format/Målestokk: 1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-100.5		
					Rev. 00

Profil 230

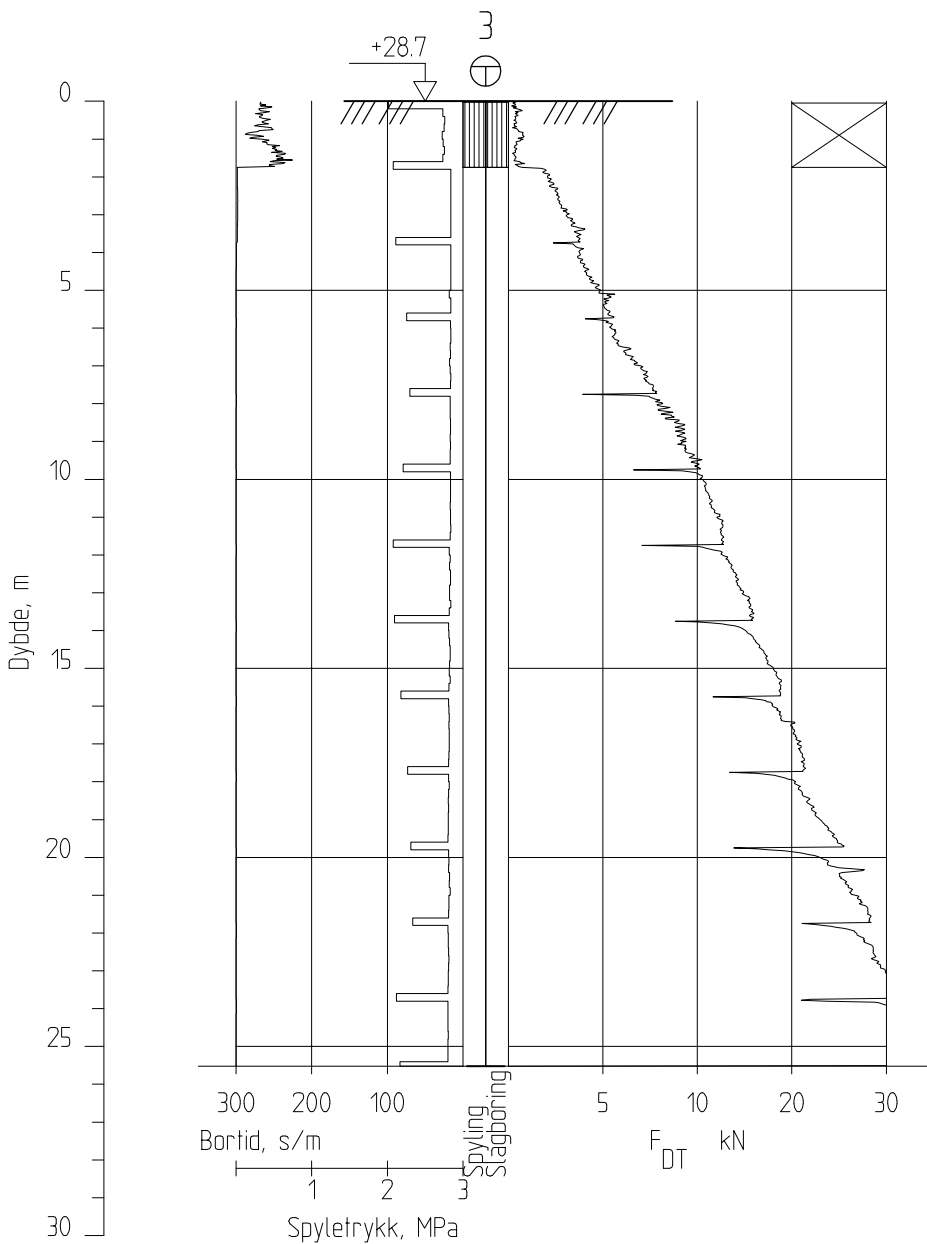
00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 60000 Profil 230			Format/Målestokk: 1:400		
 www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-100.6		

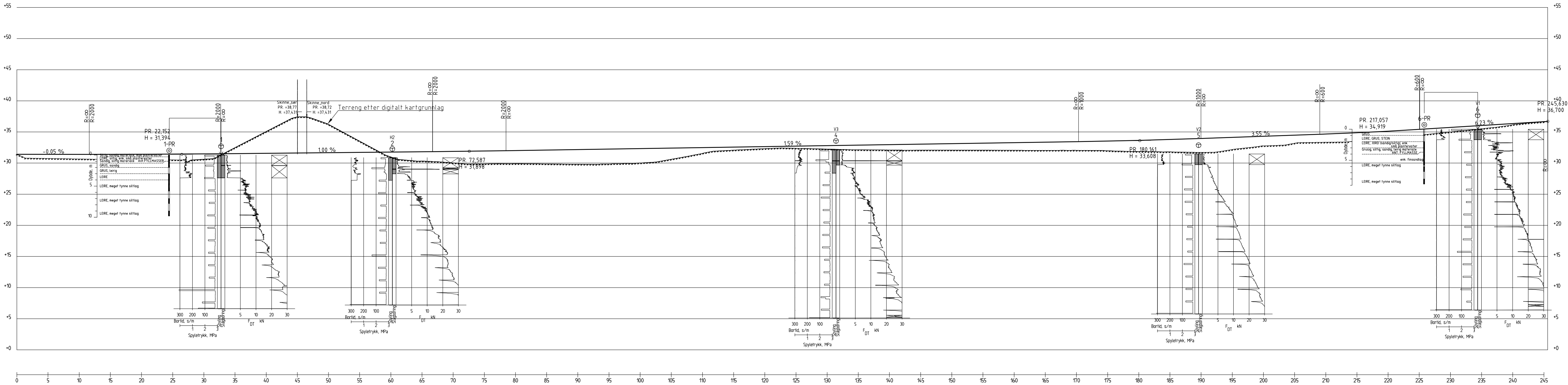
Z:\0415\415952\415952-03 ARBEIDSONMRÅDE\415952-11 Plandata\Kilnes\RIG\TEGNINGER\415952-520-61000_rev00_PR0.dwg, - Plottet av: jkm, Dato: 2016.12.06 kl 14:30



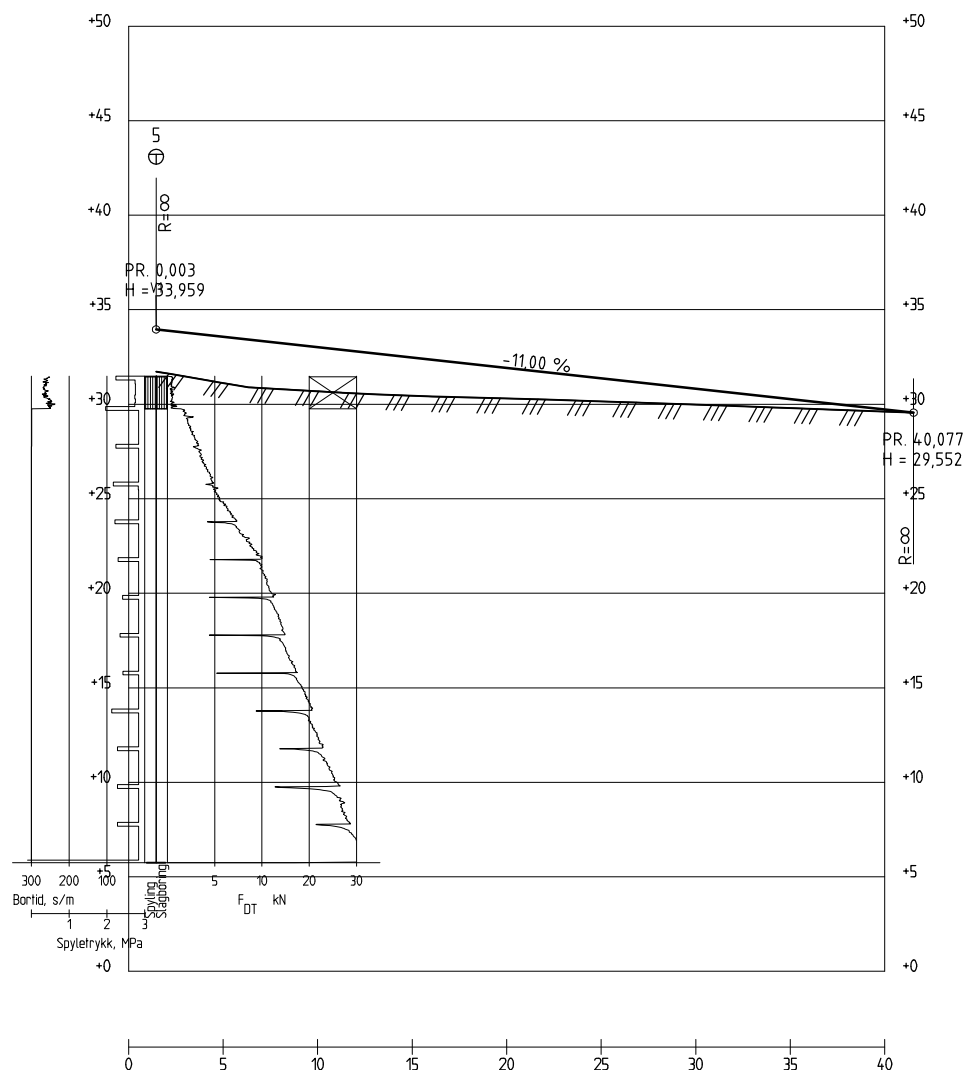
Profil 0

00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato 06.12.2016		
Tverrprofil, veglinje 61000 Profil 0			Format/Målestokk: 1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-101.1		
					Rev. 00





00	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket Sanering av planovergang, Kilnes Lengdeprofil, veglinje 60000 Profil 0-246			Fag Geoteknikk	Format A3	
			Dato	06.12.2016	
			Format/Målestokk:	1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert ROS	Godkjent ARV
		Oppdragsnr. 415952-520	Tegningsnr. RIG-TEG-200	Rev.	00



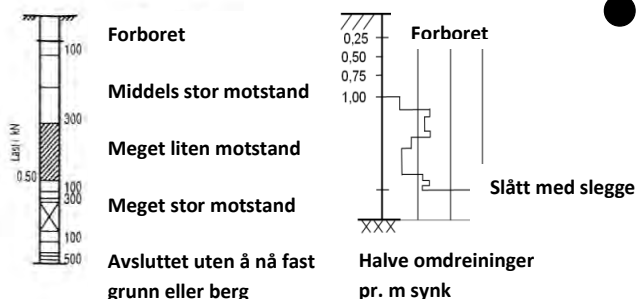
BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

(2 sider)



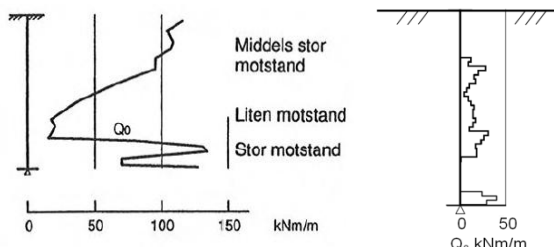
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



DREIESONDERING (NGF MELDING 3)

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

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

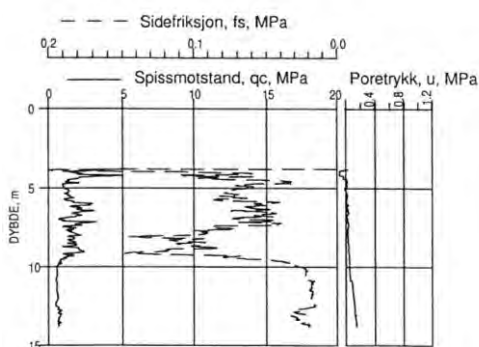


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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

Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming.

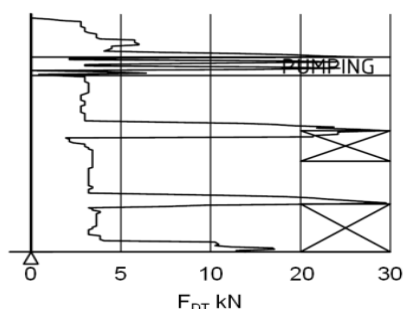
Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)

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

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

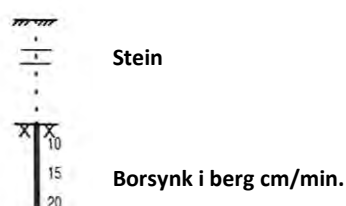


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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

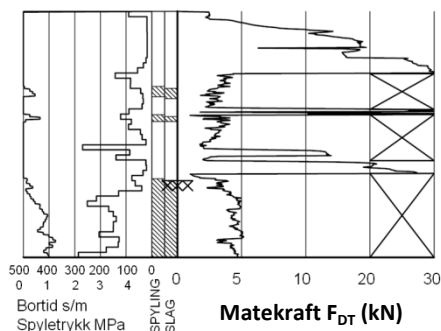
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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



BERGKONTROLLBORING

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



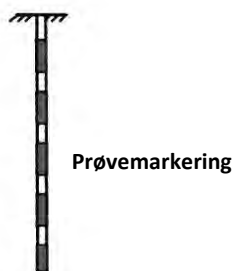
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

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



○ MASKINELL NAVERBORING

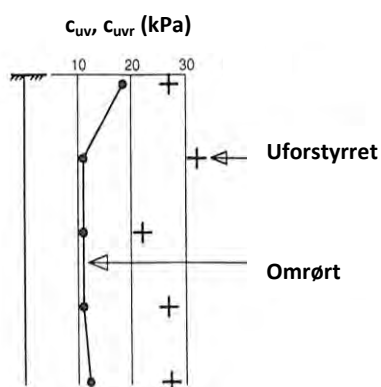
Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stigehøyde (auger). Med borrhigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er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



○ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

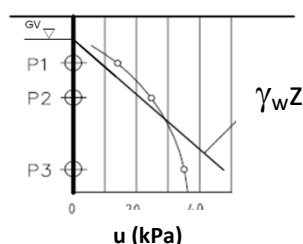
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylindren kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde blir prøvesylindren presset ned mens innerstangen med stempelet holdes i ro. Det skjæres derved ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere.

Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet. Stempelprøvetaking gir vanligvis prøver i Kvalitetsklasse 1-2 for leire.



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)

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



⊖ PORETRYKKSÅLING (NGF MELDING 6)

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

BILAG 2

Geotekniske bilag - laboratorieundersøkelser

(2 sider)

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

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

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

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

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

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

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet.
• <i>Fibrig torv</i>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke.
• <i>Delvis fibrig torv, mellomtorv</i>	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene.
• <i>Amorf torv, svarttorv</i>	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens.
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
Mold og matjord	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

SKJÆRFASTHET

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

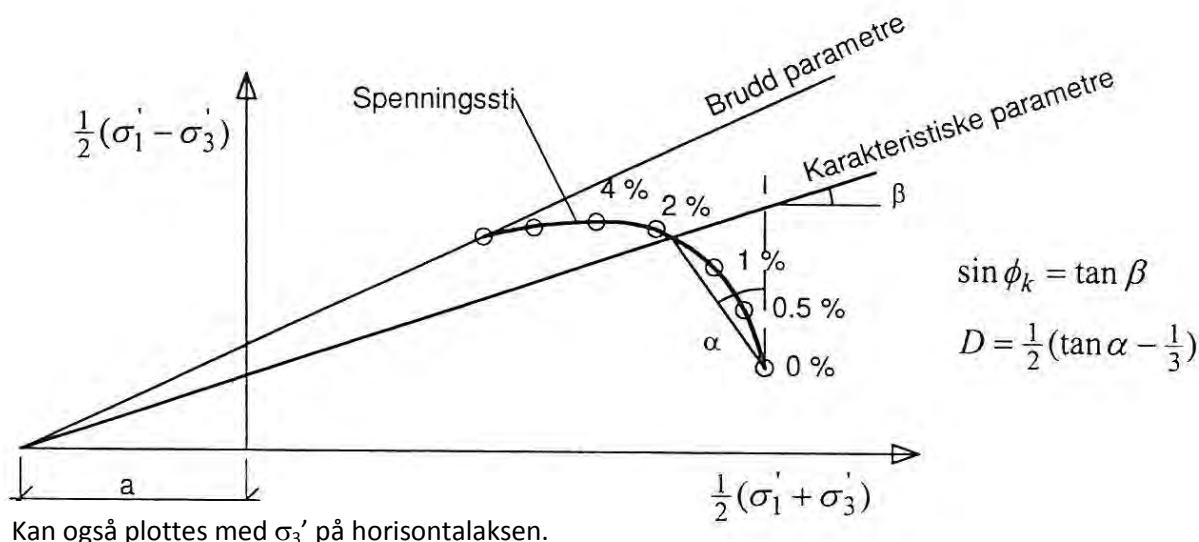
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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

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

Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærfasthet, c_u (kPa)

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



SENSITIVITET S_t (-)

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

VANNINNHOOLD (w %) (NS 8013)

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

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

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

DENSITETER (NS 8011 & 8012)

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

TYNGDETETHETER

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

PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

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

KORNFORDELINGSANALYSER (NS 8005)

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

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER (NS 8017 & 8018)

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

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

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

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

TELEFARLIGHET

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

HUMUSINNHOOLD

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

BILAG 3

Metodestandarder og retningslinjer – felt- og laboratorieundersøkelser

(2 sider)

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende norske veiledninger fra NGF (Norsk Geoteknisk Forening), norske standarder (NS) og andre referansedokumenter:

NGF Veiledninger Norske standarder NS	Tema
NGF 1 (1982)	SI Enheter
NGF 2, rev.1 (2012)	Symboler og terminologi
NGF 3, rev. 1 (1989)	Dreiesondering
NGF 4 (1981)	Vinge boring
NGF 5, rev.3 (2010)	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF 6 (1989)	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF 7, rev. 1 (1989)	Dreietrykksondering
NGF 8 (1992)	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF 9 (1994)	Totalsondering
NGF 10, rev.1 (2009)	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF 11 rev.1 (2012) NS-EN ISO 22475-1 (2006)	Prøvetaking
Statens vegvesen Geoteknisk felthåndbok 280 (2010)	Feltundersøkelser

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Norske standarder NS	Tema
NS8000 (1982)	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001 (1982)	Støtflytegrense
NS8002 (1982)	Konusflytegrense
NS8003 (1982)	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004 (1982)	Svinngrense
NS8005 (1990)	Kornfordelingsanalyse
NS8010 (1982)	Jord – bestanddeler og struktur
NS8011 (1982)	Densitet
NS8012 (1982)	Korndensitet
NS8013 (1982)	Vanninnhold
NS8014 (1982)	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS8015 (1987)	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016 (1987)	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS8017 (1991)	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018 (1993)	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS14688-1 og -2 (2009)	Klassifisering og identifisering av jord
NS-EN ISO/TS 17892-8 + -9 (2005)	Treaksialforsøk (UU, CU)
Statens vegvesen Håndbok 015 (2005)	Laboratorieundersøkelser