

A RAPPORT

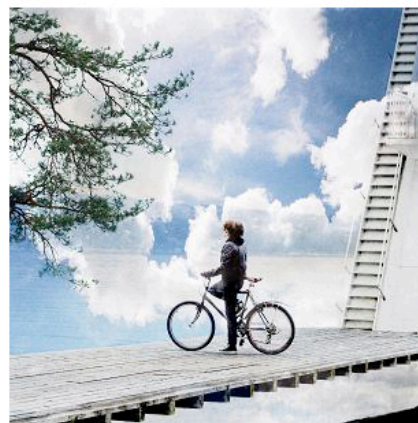
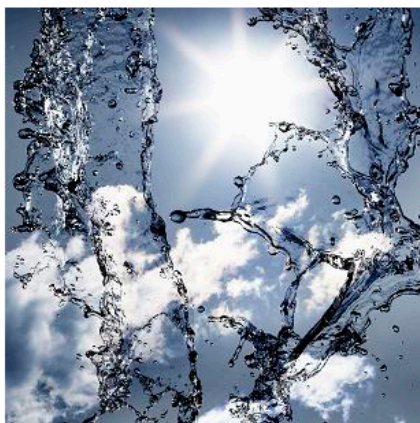
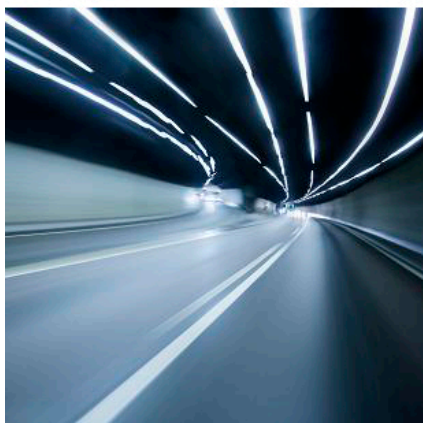
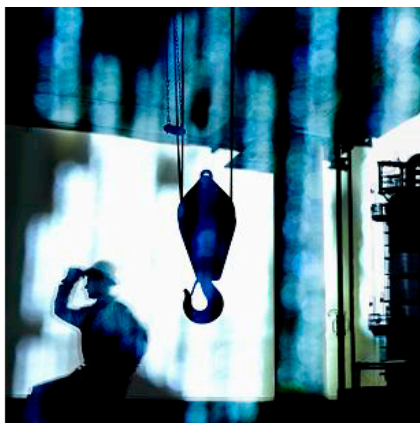
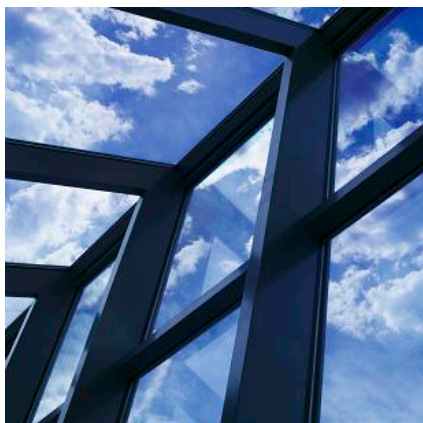
Sanering av planoverganger, Vang

OPPDRAKSGIVER
Jernbaneverket

EMNE
Datarapport grunnundersøkelser

DATO / REVISJON: 05. februar 2015 / 00

DOKUMENTKODE: 415952-170-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

OPPDRAAG	Sanering av planoverganger, Vang	DOKUMENTKODE	415952-170-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport grunnundersøkelser	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Jernbaneverket	OPPDRAAGSLEDER	Knut Johansen
KONTAKTPERSON	Åge Sjømark	UTARBEIDET AV	Lise Føsund Christiansen/ Jin K. Melhus
KOORDINATER	SONE: UTM 33 ØST: 4254 NORD: 7258	ANSVARLIG ENHET	3012 Multiconsult AS
GNR./BNR./SNR.	55/20 / / Grane kommune		

SAMMENDRAG

Jernbaneverket ønsker å sanere planovergangene ved NB km 355,420 og km 355,899 på Nordlandsbanen ved Vang i Grane kommune. Det planlegges å bygge en kulvert under jernbanen omtrent midt mellom dagens planoverganger, samt tilhørende adkomstveger.

Multiconsult AS er engasjert av Jernbaneverket til å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med sanering av planovergangene, etablering av kulvert og nye vegger.

Planområdet ligger på begge sider av Nordlandsbanen. Nordlandsbanen ligger i ei li som faller av slakt mot øst ned mot Svenningelva. Terrengtet i planområdet ligger mellom ca. kote fra +124 til +131. I det aktuelle området krysser Nordlandsbanen fire bekker. Nordlandsbanen ligger på ei fylling på ca. kote +130. Fyllingsmektigheten varierer fra ca. 1 m til 5 m. Fyllingsmektigheten er størst der jernbanen krysser bekkeløper. Det er registrert berg i dagen på begge sider at jernbanelinja.

Feltundersøkelsene har bestått av seks totalsonderinger, to prøveserier samt nedsetting av en poretrykksmåler for å undersøke grunnens beskaffenhet med tanke på fundamentering av planlagt kulvert og vurdering av stabilitet av vegger.

Laboratorieundersøkelsene omfatter rutineundersøkelser på opptatte prøver samt tilhørende korngraderinger.

Løsmassemektigheten i borpunktene varierer mellom 3 og 5 m. Prøvetaking viser at løsmassene i hovedsak består av et topplag av matjord/torv på inntil 0,5 m over lagdelte masser av sand, grus og silt.

I borpunkt. 4, er grunnvannstand registrert med poretrykksmåler ca. 2 m under terreng. Ved grunnundersøkelsene ble i tillegg registrert et vannførende lag i BP. 4 mellom 1,5 og 1,8 m under terreng.

Peiling i borhull i BP. 3 indikerer grunnvannsstand ca. 1,5 m under terreng.

			LFC / JKM	ROS	AVV
00	05.02.2015	Datarapport grunnundersøkelser	Lise F. Christiansen/ 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	Laboratorieundersøkelser.....	6
3	Topografi og grunnforhold	7
3.1	Områdebeskrivelse	7
3.2	Kvartærgeologi	8
3.3	Løsmasser	8
3.4	Grunnvann og poretrykksforhold	8
4	Sluttbemerkning	9
5	Referanser	10

Tegninger

415952-170-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001.1	Borplan
	-010	Geotekniske data, PR. 3 og PR. 4
	-060	Korngradering, BP. 3, dybde 1-2 m
	-061	Korngradering, BP. 4, dybder (0,8-1,3 m), (1,3-2,4 m) og (3-3,5 m)
	-100.1	Tverrprofil veglinje 60000, PR. 40
	-100.2	Tverrprofil veglinje 60000, PR. 60
	-100.3	Tverrprofil veglinje 60000, PR. 170
	-100.4	Tverrprofil veglinje 60000, PR. 330
	-101.1	Tverrprofil veglinje 61000, PR. 10
	-101.2	Tverrprofil veglinje 61000, PR. 50
	-150	Lengdeprofil, veglinje 60000
	-151	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

Jernbanelverket planlegger å sanere planovergangene ved NB km 355,420 og km 355,899 på Nordlandsbanen ved Vang i Svenningdalen, Grane kommune. I den forbindelse planlegges det å bygge en kulvert under jernbanen omtrent midt mellom dagens planoverganger, samt tilhørende vegger (veglinje 60000 og 61000).

Multiconsult AS er engasjert av Jernbanelverket til å utføre grunnundersøkelser i forbindelse med sanering av planovergangene, etablering av kulvert og nye vegger, samt gi en geoteknisk vurdering av tiltaket.

Foreliggende rapport presenterer resultater fra grunnundersøkelsene.

1.2 Myndighetskrav

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

Oppdraget er også gjennomført i henhold til Eurokode 7 – Del 2 /2/ og tilhørende tilgjengelige 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 3 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Feltundersøkelser

Geotekniske feltundersøkelser ble utført i uke 51 i 2014 med borerigg av typen Geotech 607D. Arbeidene ble utført av borleder Bård Einar Krogstad og borlederassistent Oddbjørn Rønning.

Borplan med plassering av grunnundersøkelsene er vist på tegning nr. 415952-170-RIG-TEG-001. Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- Totalsonderinger i seks borpunkt.
- Opptak av uforstyrrede 54 mm prøvesylindrer og representative skovelprøver i to borpunkt.
- Nedsetting av en hydraulisk poretryksmåler.

Borpunktene er satt ut av borleder 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 NGO NN1954.

Borpunktene er opptegnet i tverrprofil på tegning nr. 415952-170-RIG-TEG-100.1 t.o.m -101.2 samt i lengdeprofil på tegning nr. -150 og -151. Kartgrunlaget er basert på 5 m koter. Det fører til at jernbanefyllingen på lengdeprofiler og tverrprofiler er noe usikre.

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 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene. Ved denne undersøkelsen er prøvene geoteknisk klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold og korngradering.

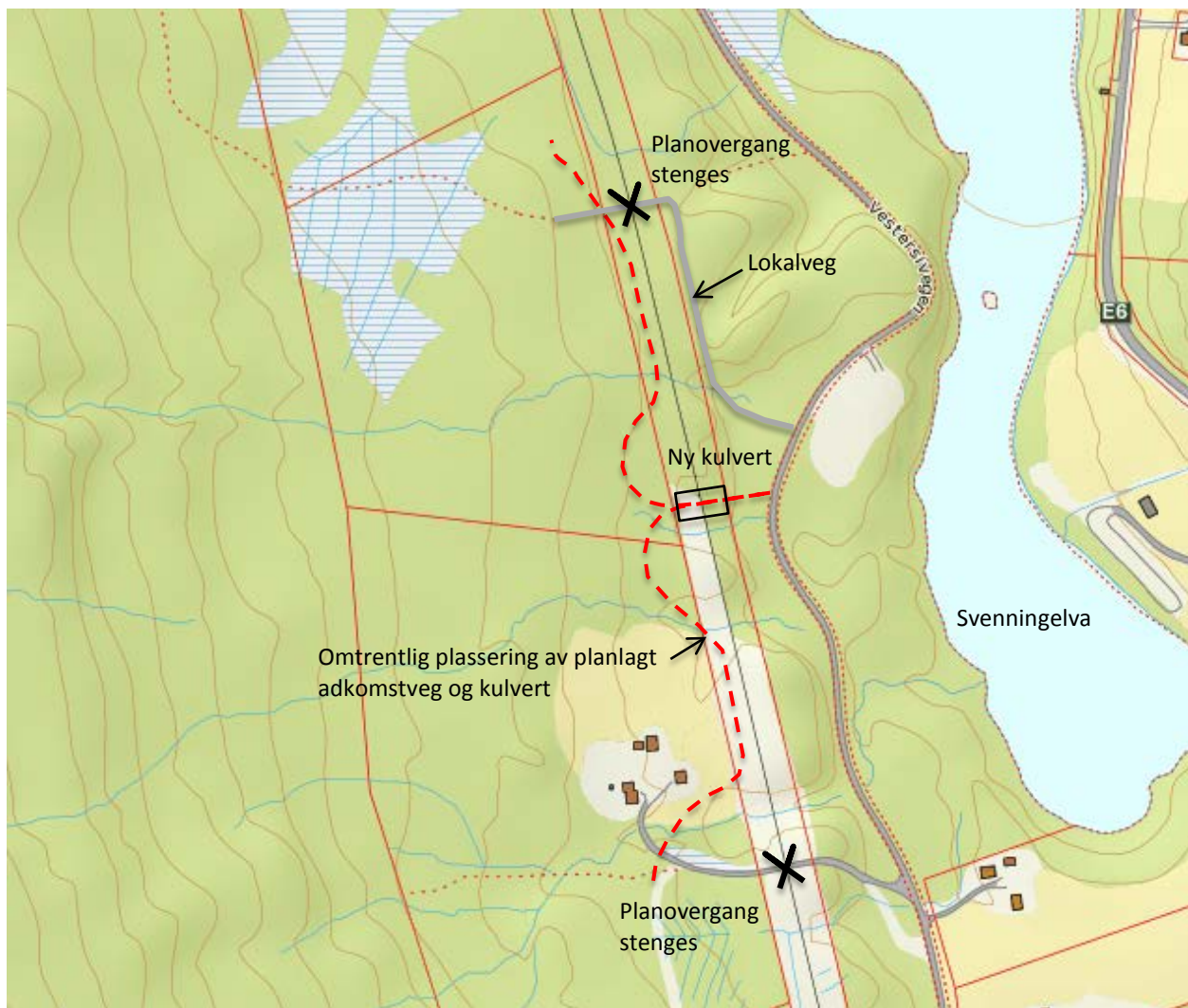
Resultat fra rutineundersøkelser er presentert som geoteknisk data i tegning nr. 415952-170-RIG-TEG-010 og korngraderingene er vist i tegning nr. -060 og -061.

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 aktuelle området ligger ved Vang i Svenningdalen, Grane kommune, se Figur 1. Planområdet ligger på begge sider av Nordlandsbanen. Nordlandsbanen ligger i ei li som faller av slakt mot øst ned mot Svenningelva. Terrenget i planområdet ligger mellom ca. kote fra +124 til +131.



Figur 1: Oversiktskart over Vang (www.norgeskart.no).

Dagens planoverganger, NB km 355,420 og km 355,899 planlegges stengt og erstattet med en ny adkomstveg. Adkomstvegen planlegges parallelt med Nordlandsbanen på vestsiden av jernbanen. Vegen går delvis i skog og over dyrket mark. Den nye kulverten under jernbanen planlegges omtrent midt mellom dagens planoverganger.

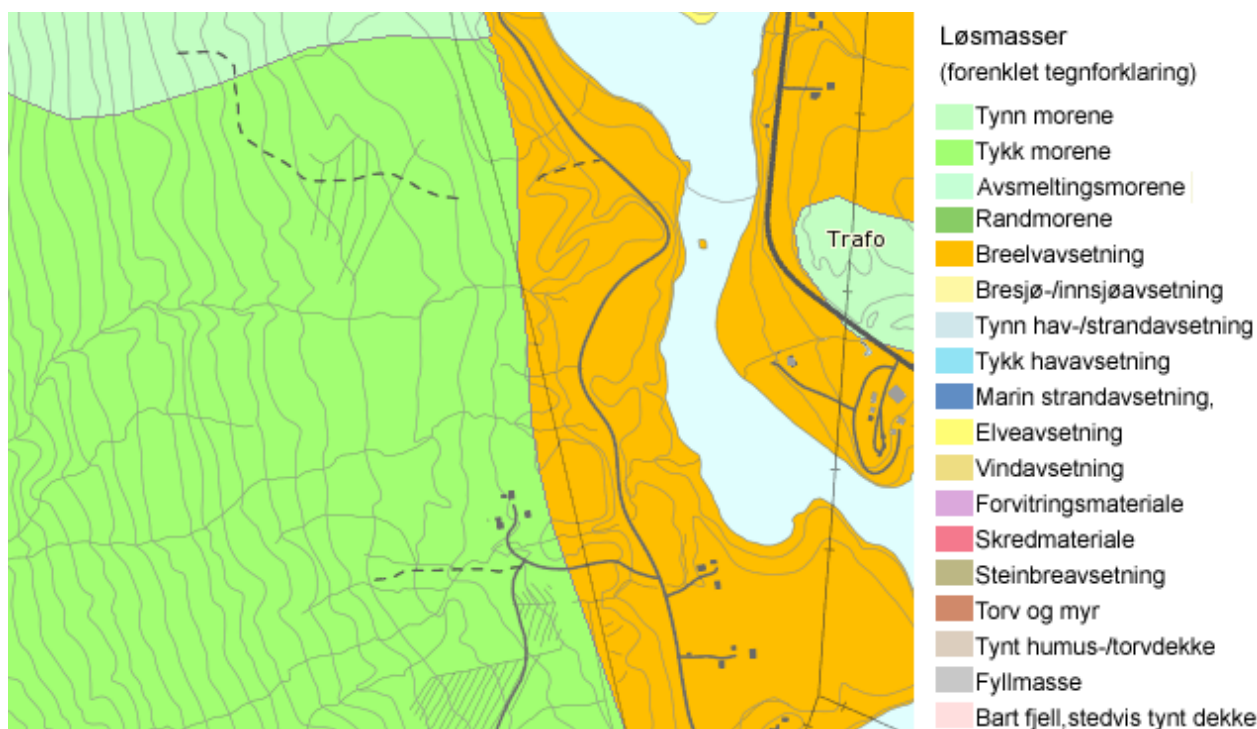
I det aktuelle området krysser Nordlandsbanen fire bekker.

Nordlandsbanen ligger på ei fylling på ca. kote +130. Fyllingsmektigheten varierer fra ca. 1 til 5 m med størst fyllingsmektighet der jernbanen krysser bekeleiene.

3.2 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart viser at løsmassene i planområdet består av breelvavsetning og tykk morene, se Figur 2.

Det bemerkes at kvartærgeologisk kart er basert på relativt grunn prøvetaking, og beskriver dermed kun øvre løsmasselag. Følgelig kan løsmassene i dybden bestå av andre masser.



Figur 2: Utsnitt av kvartærgeologisk kart - løsmasser (www.ngu.no).

3.3 Løsmasser

Løsmassemektheten i borpunktene varierer mellom 3 og 5 m. Det er knyttet noe usikkerhet til bergpåvisning i hvert borpunkt da det er vanskelig å skille mellom morene og slepper i løst berg. Videre er det registrert berg i dagen på begge sider av Nordlandsbanen.

Prøvetaking viser at løsmassene i hovedsak består av et topplag av matjord/torv på inntil 0,5 m over lagdelte masser av sand, grus og silt.

3.4 Grunnvann og poretrycksforhold

Det er satt ned en poretryksmåler i borpunkt 4 i dybde 3,8 m under terreng. Måling i desember 2014 indikerer at grunnvannstand ligger 2,0 m under terreng. Ved grunnundersøkelsene ble det registrert et vannførende lag mellom 1,5 og 1,8 m under terreng i borpunkt 4.

Videre ble det registrert grunnvann ca. 1,5 m under terreng i BP. 3 ved peilig i borhullet. Det vil si grunnvannstand omtrent i nivå med nærliggende bekk. Det bemerkes at metoden med grunnvannspeiling i borhull er noe usikker.

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

Poretryksmålingene bør videreføres for å dokumentere poretryksvariasjoner over tid.

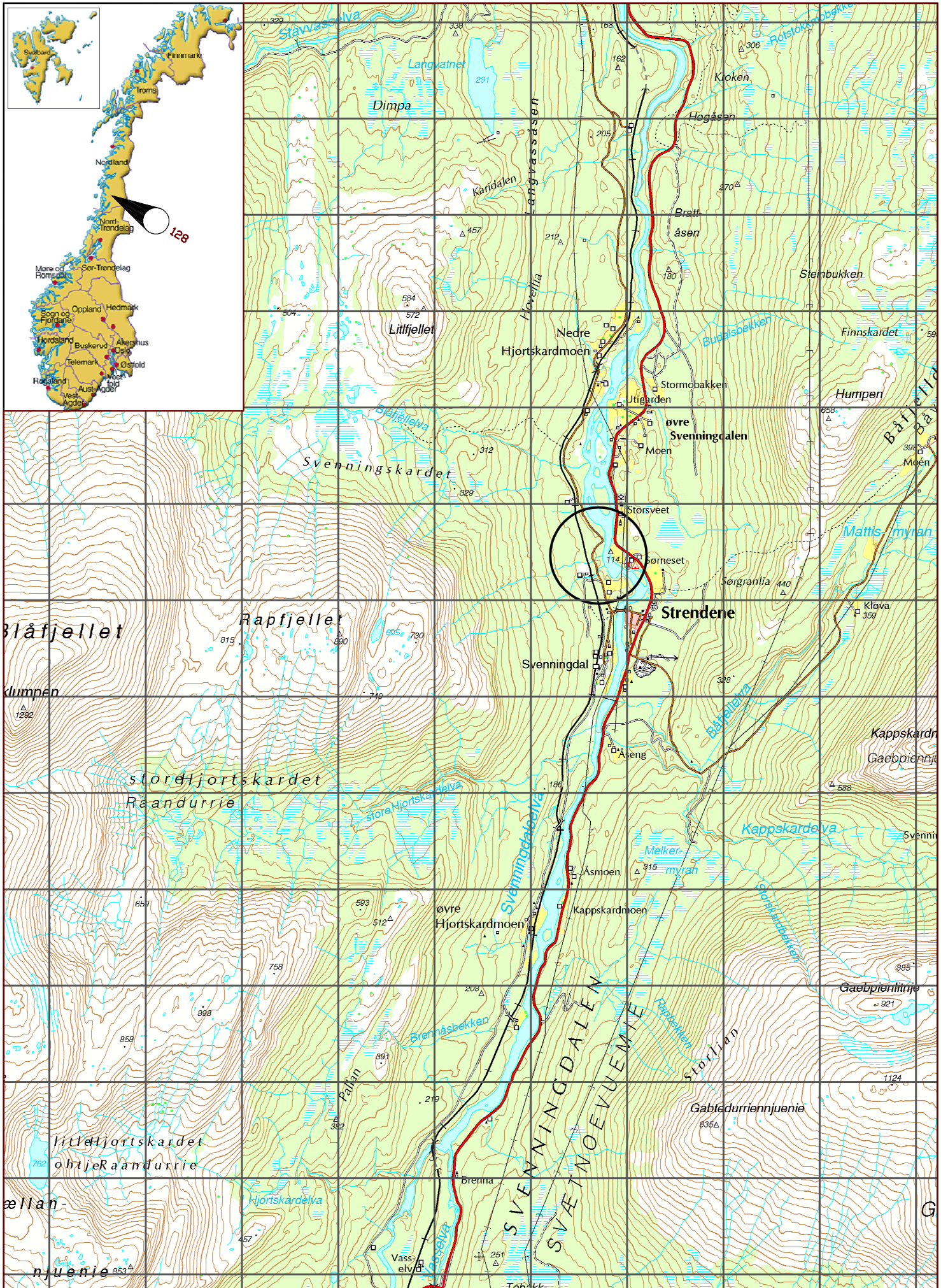
4 Sluttbemerkning

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

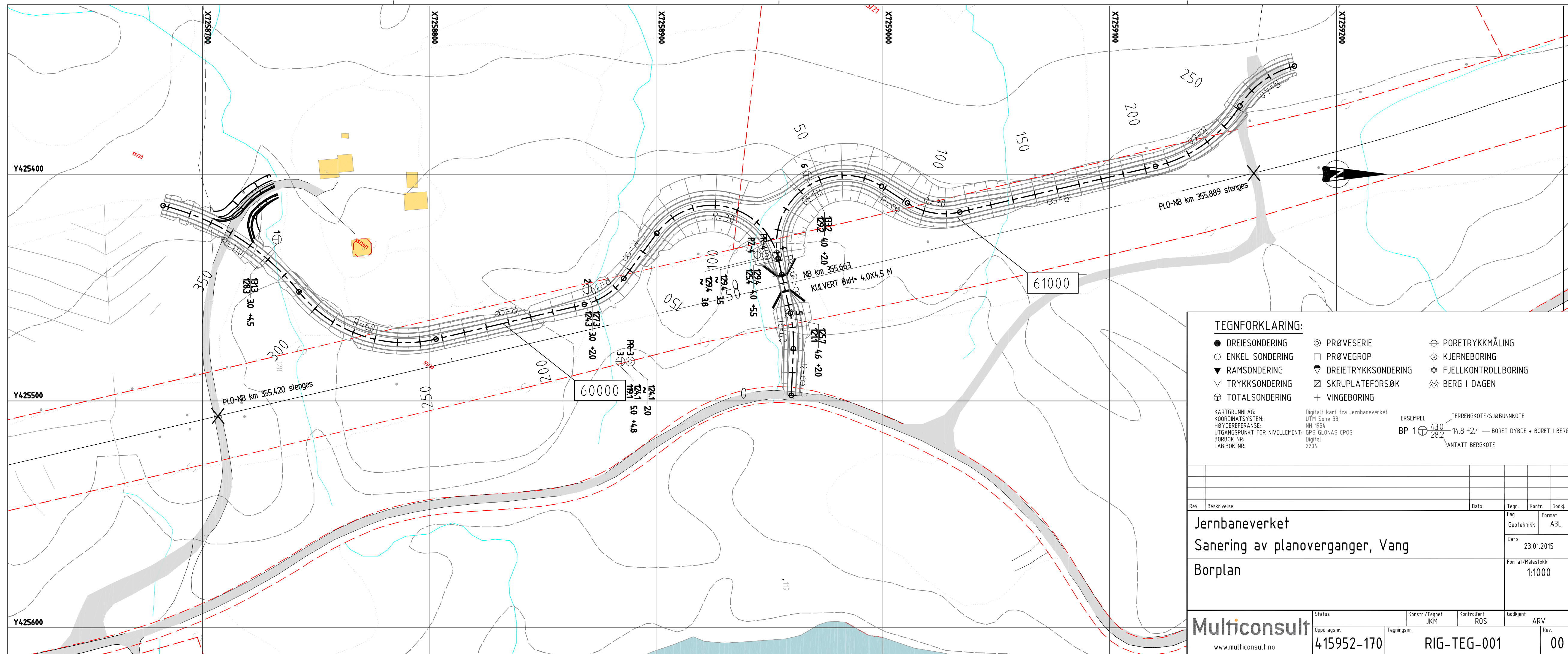
5 Referanser

- /1/ Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring – Krav», Standard Norge, Norsk standard (ISO) NS-EN ISO 9001:2008, Des. 2008
- /2/ Standard Norge (2007) Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.

Z:\0415\415952-03 ARBEIDSSOMRÅDE\415952-11 Plandata\Vang-Myrtil\Tegninger\Geoteknikk\415952-170-RIG-TEG-000_OVERSIKTSKART.dwg, - Layout: (A4 Stående skjemat), - Plottet av: jkm, Dato: 2015.01.22 kl 10:48



 www.multiconsult.no	Sanering av planoverganger, Vang Oversiktskart	Status	Fag	Original format	Dato
		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		415952-170		RIG-TEG-000	



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ENKEL SONDERING
- PRØVEGROP
- ⊕ KJERNEBORING
- ▼ RAMSONDERING
- ⬇️ DREITRYKKSONDERING
- ⚡ FJELLKONTROLLBORING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- ⚡ BERG I DAGEN
- ⊕ TOTALSONDERING
- + VINGEBORING

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra Jernbaneverket
 KOORDINATSYSTEM: UTM Sone 33
 HØYDEREFERANSE: NN 1954
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONAS CPOS
 BORBOK NR: Digital
 LAB.BOK NR: 2204

EKSEMPEL
 BP 1 ⊕ $\frac{430}{282}$ TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Jernbaneverket					Fag	
Sanering av planoverganger, Vang					Geoteknikk	
Borplan					Format	
					A3L	
					Dato	
					23.01.2015	
					Format/Målestokk:	
					1:1000	
Multiconsult			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no			Oppdragsnr.	JKM	ROS	ARV
			415952-170	Tegningsnr.	RIG-TEG-001	Rev.
						00

TERRENGKOTE Hull 3	+124,1 ↓	DYBDE PRØVE	VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER %				ρ_s $\frac{g}{cm^3}$	w_g %	ρ $\frac{g}{cm^3}$	SKJÆRFASTHET S_u (kN/m ²)					S_t
			20	30	40	50				10	20	30	40	50	
GRUS,fin,middels,sandig,planterester		0													
Sandig,grusig,siltig materiale															
		4													
Hull 4	+129,4 ↓														
SAND,fin,siltig,leirig,planterester, gruskorn.Antatt FYLLMASSE		0													
Finsandig,siltig materiale															
Sandig,grusig materiale															
		4													
Sandig,siltig materiale,noe grusig															
		4													
		5													

PR = PRØVESERIE SYLINDER
PP = POSEPRØVE
VB = VINGEBORING

○ NATURLIG VANNINNHOLD
— w_L FLYTEGRENSE
 w_f — " — KONUSMETODE
— w_p PLASTISITETSGRENSE

Ogl = GLØDETAP
 ρ_s = KORNDENSITET
 ρ = DENSITET
■ = PRØVESERIE SYLINDER
■ = POSEPRØVE

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

LAB.BOK NR.: 2204

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

GEOTEKNISKE DATA

Jernbaneverket
Sanering av planoverganger, Vang
Grunnundersøkelser

Boring nr.
3 og 4

Tegningens filnavn
415952-RIG-TEG-010_h3 og 4.dwg

Borplan nr.
-001

Boret dato:
17.12.2014

Multi
consult

Multiconsult

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

Dato 14.01.2015

Oppdragsnr.
415952

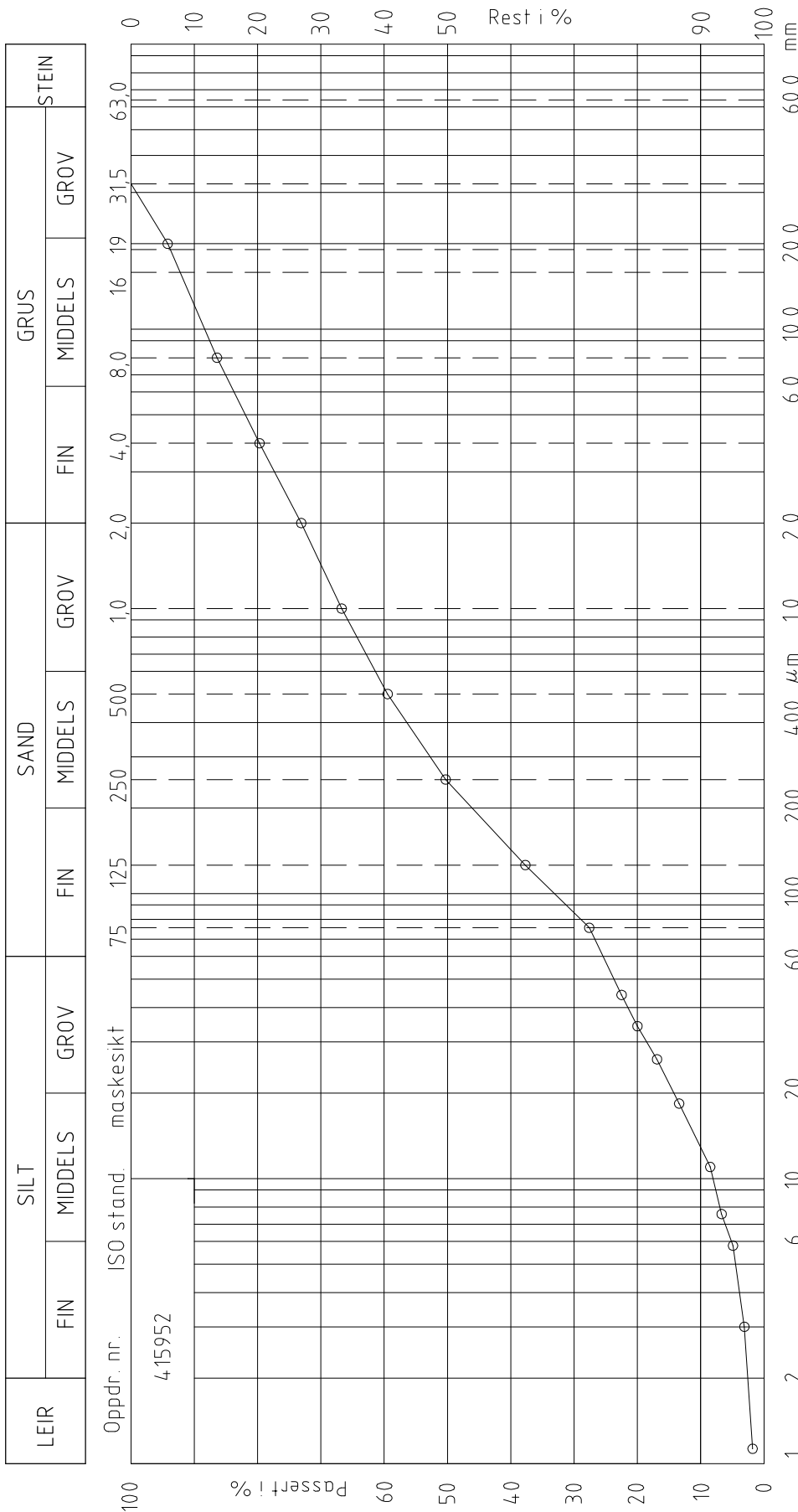
Tegnet/kontrollert lab
truk/kjt

Tegningsnr.
RIG-TEG-010

Kontrollert
ROS

Godkjent
ARV

Rev.
00



Symb.	PR.seriernr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Metode		
				Tørrsikt	Hydr. F.Drop	Våt + Torr Sikt
	3	1-2	Sandig, grusig, siltig materiale		X	X

KORNGRADERING

Jernbaneverket
Sanering av planoverganger, Vang

Boring nr. 3
Borplan nr. -001
Boret dato: 17.12.2014

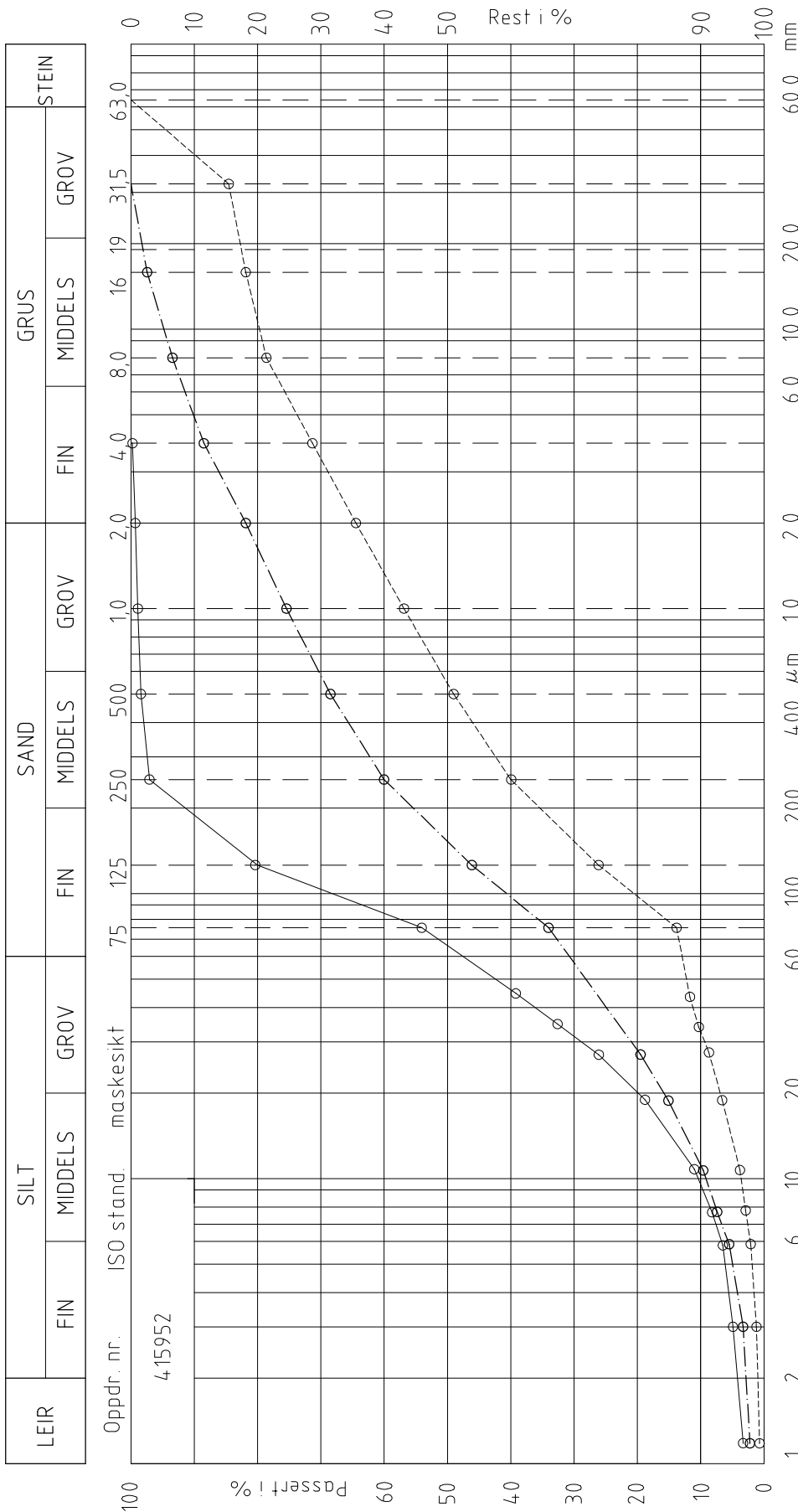


Dato 19.01.2015
Oppdragsnr. 415952-170

Tegnet/Kontrollert truk/kjt
Tegningsnr. RIG-TEG-060

Kontrollert ROS

Godkjent ARV
Rev. 00



Symb.	PR.seriernr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerking	Metode	
					Tørrsikt	Hydr. F.Drop Våt + Torr Sikt
○	4	0,8-1,3	Finsandig, silting materiale		X	X
○-○	4	1,3-2,4	Sandig, grusig materiale		X	X
○-○-○	4	3-3,5	Sandig, silting materiale	noe fingrusig	X	X

KORNGRADERING

Jernbaneverket
Sanering av planoverganger, Vang

Boring nr.
4

Borplan nr.
-001

Boret dato:
17.12.2014

Multi
consult

Multiconsult

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

Dato
19.01.2015

Oppdragsnr.
415952-170

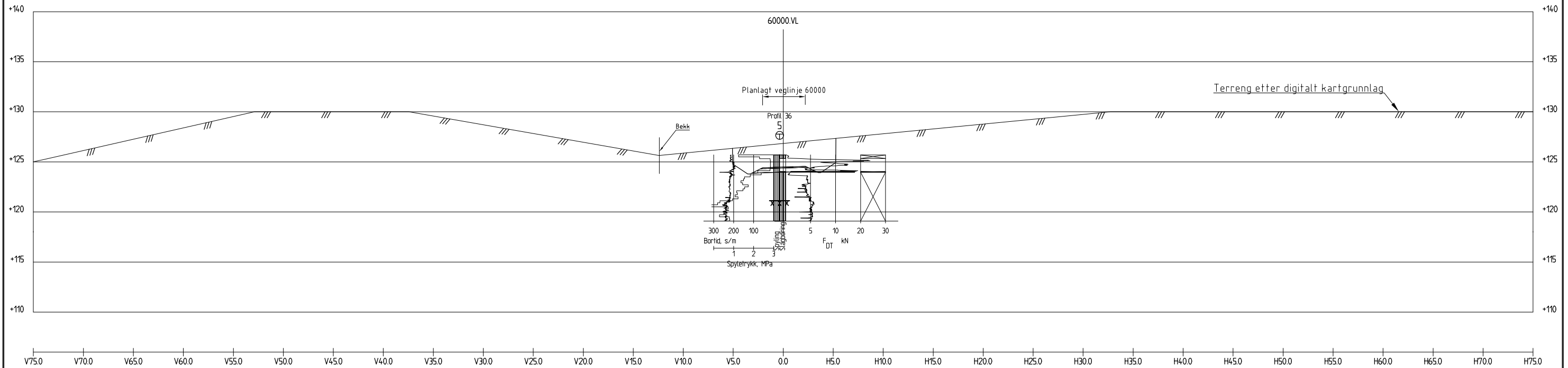
Tegnet/Kontrollert
truk/kjt

Tegningsnr.
RIG-TEG-061

Kontrollert
ROS

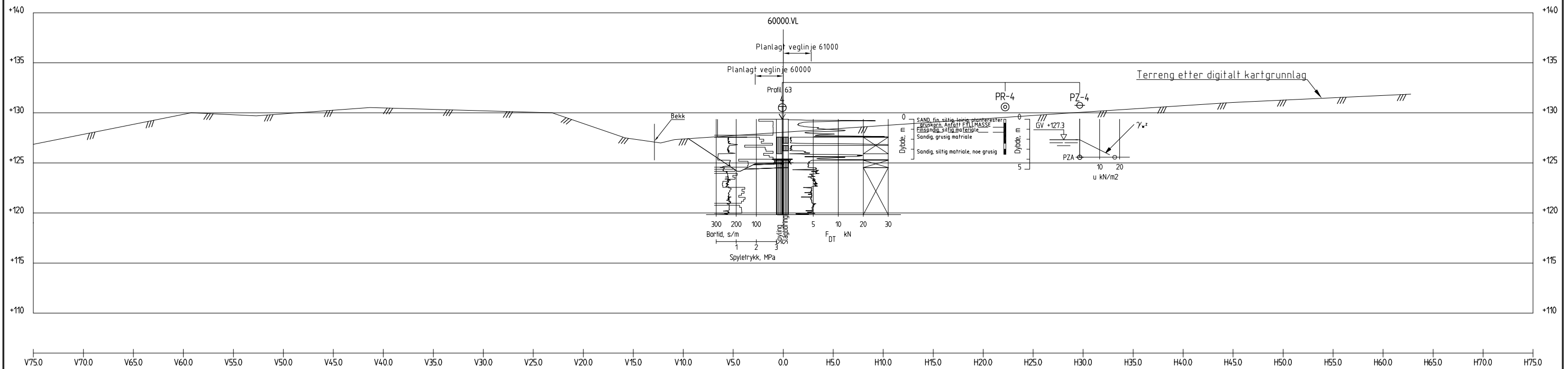
Godkjent
ARV

Rev.
00



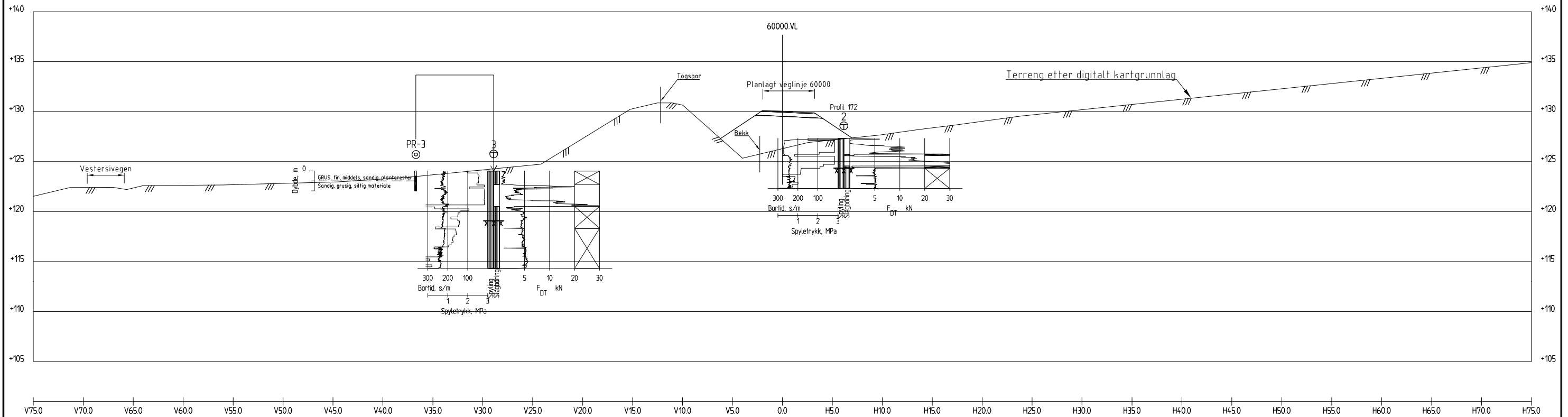
Profil 40

Rev.		Beskrivelse			Dato		Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Jernbaneverket							Fag	Format		
Sanering av planoverganger, Vang							Geoteknikk	A3		
							Dato	22.01.2015		
Tverrprofil, veglinje 60000							Format/Målestokk:	1:400		
Profil 40										
Multiconsult		Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	ARV			
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.					
		415952-170		RIG-TEG-100.1	00					



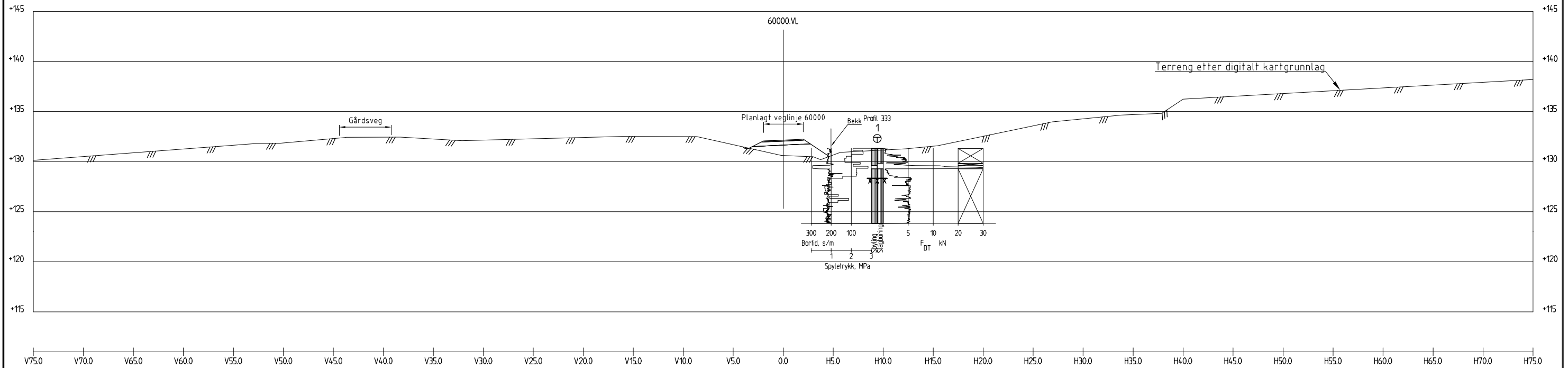
Profil 60

Rev.		Beskrivelse			Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket						Fag	Format	
Sanering av planoverganger, Vang						Geoteknikk	A3	
Tverrprofil, veglinje 60000						Dato	23.01.2015	
Profil 60						Format/Målestokk:	1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent			
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.				
		415952-170	RIG-TEG-100.2	ARV		00		



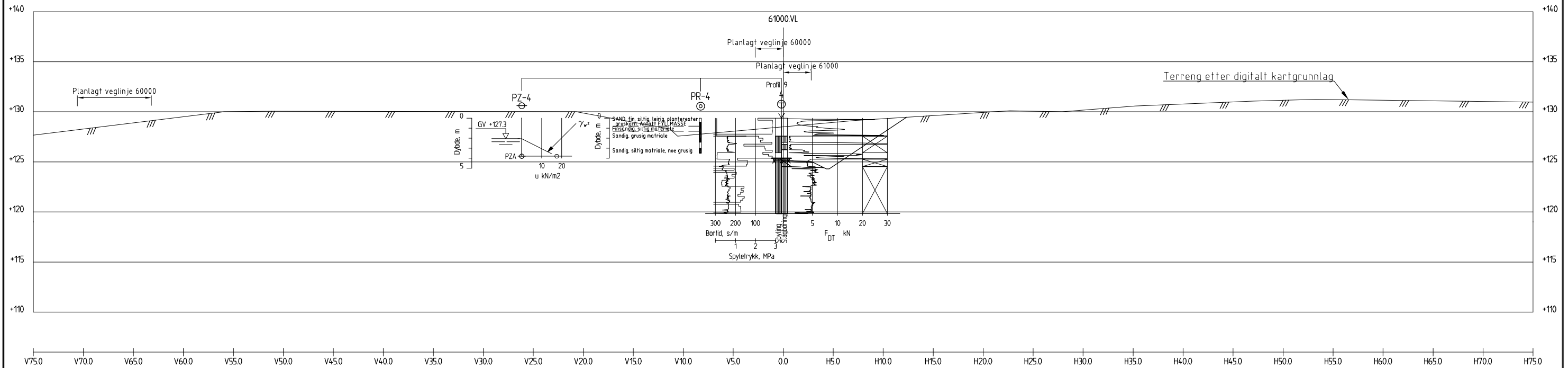
Profil 170

Rev.		Beskrivelse			Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket						Fag	Format	
Sanering av planoverganger, Vang						Geoteknikk	A3	
Tverrprofil, veglinje 60000						Dato	22.01.2015	
Profil 170						Format/Målestokk:	1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent			
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.				
		415952-170	RIG-TEG-100.3	ARV		00		



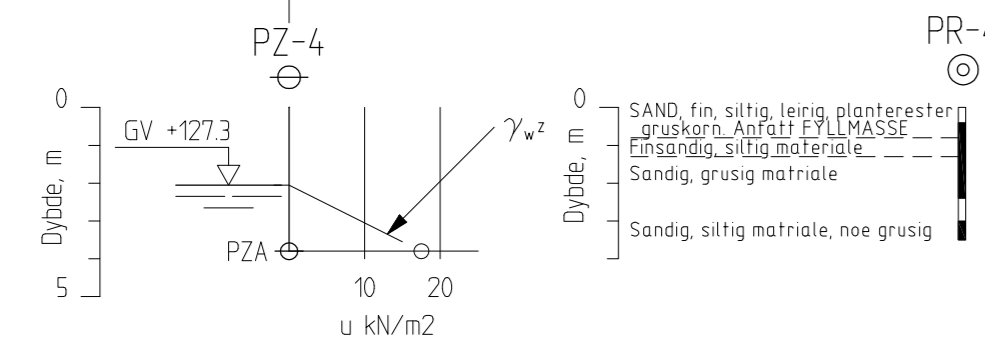
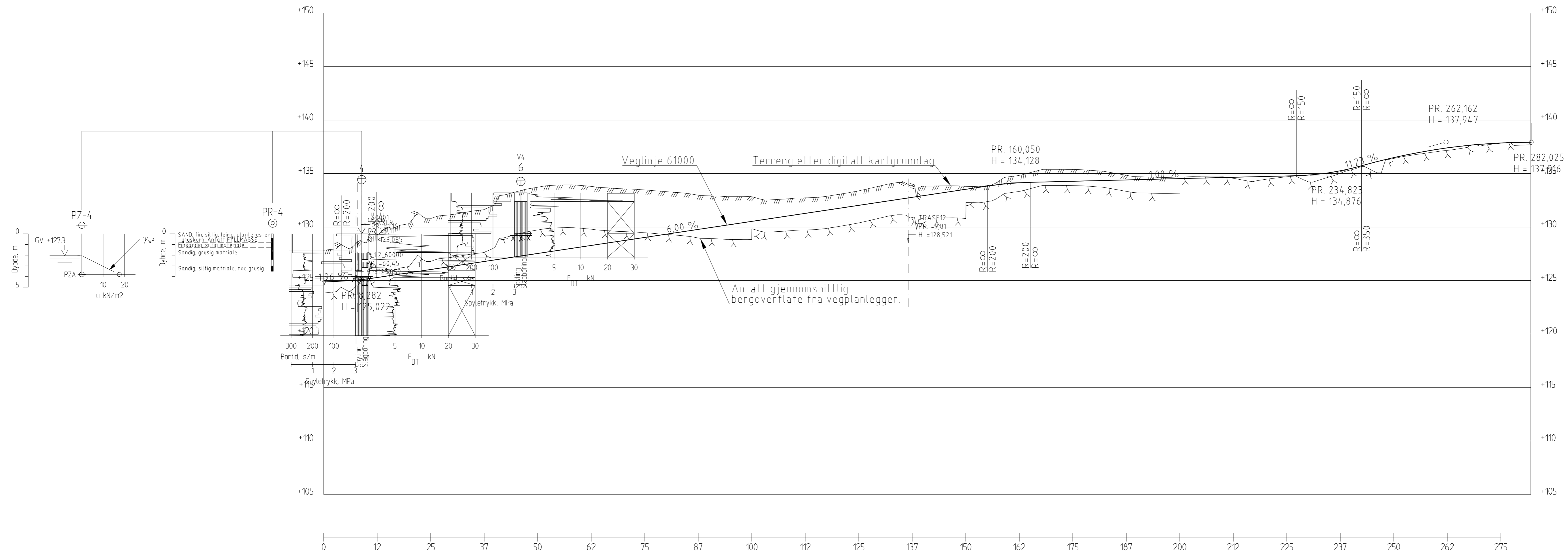
Profil 330

Rev.		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Jernbaneverket				Fag	Format	
Sanering av planoverganger, Vang				Geoteknikk	A3	
Tverrprofil, veglinje 60000				Dato	22.01.2015	
Profil 330				Format/Målestokk:	1:400	
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent		
Multiconsult		JKM	ROS	ARV		
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
		415952-170	RIG-TEG-100.4	00		



Profil 10

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Jernbaneverket		Fag		Format
	Sanering av planoverganger, Vang		Geoteknikk		A3
	Tverrprofil, veglinje 61000		Dato		23.01.2015
	Profil 10		Format/Målestokk:		1:400
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	JKM	ROS	ARV
		415952-170	Tegningsnr.	RIG-TEG-101.1	Rev.
					00

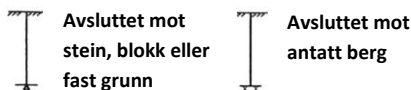


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Jernbaneverket		Fag		Format
	Sanering av planoverganger, Vang		Geoteknikk		A3L
	Lengdeprofil, veglinje 61000		Dato		
	Profil 0-282		23.01.2015		
			Format/Målestokk:		
			H: 1:200		
			L: 1:500		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	JKM	ROS	ARV
		415952-170	RIG-TEG-151		
					Rev.
					00

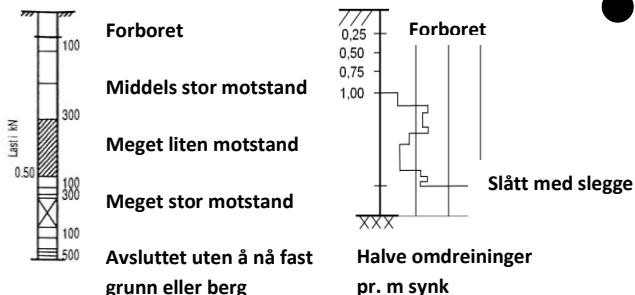
BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

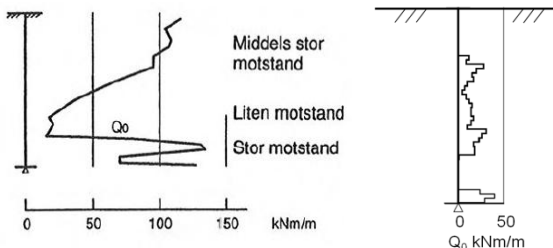
(2 sider)



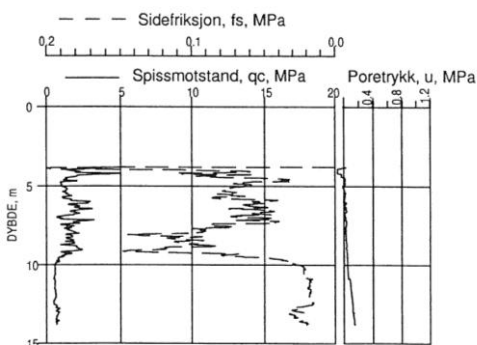
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



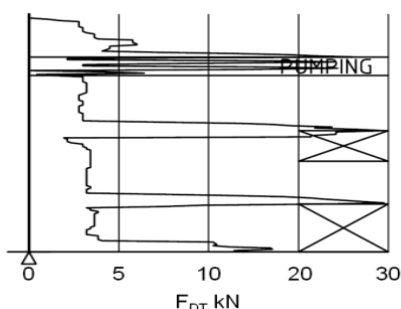
DREIESONDERING (NGF MELDING 3)
Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -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.



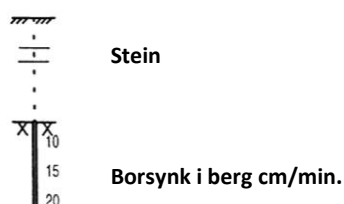
RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)
Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_0 pr. m nedramming. $Q_0 = \text{loddets tyngde} \cdot \text{fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)}$



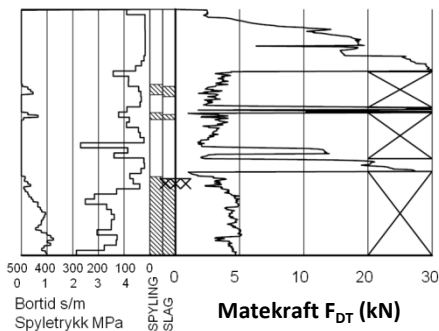
TRYKKSONDERING (CPT - CPTU) (NGF MELDING 5)
Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene. Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).



DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)
Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene. Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.



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



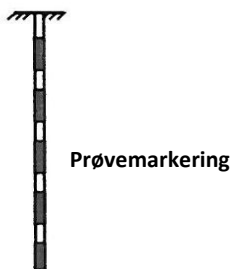
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

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



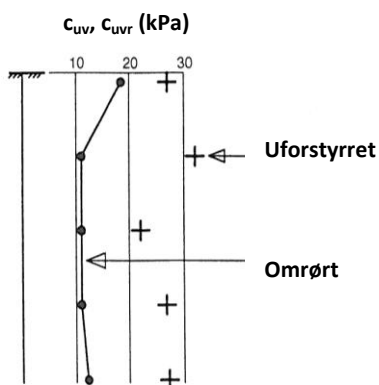
⊙ MASKINELL NAVERBORING

Utføres med hul borstang påsveisert en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med 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.



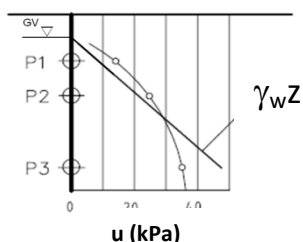
⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

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



+ VINGEBORING (NGF MELDING 4)

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden 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 (poretrykksmålere). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stige høyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene. Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

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).

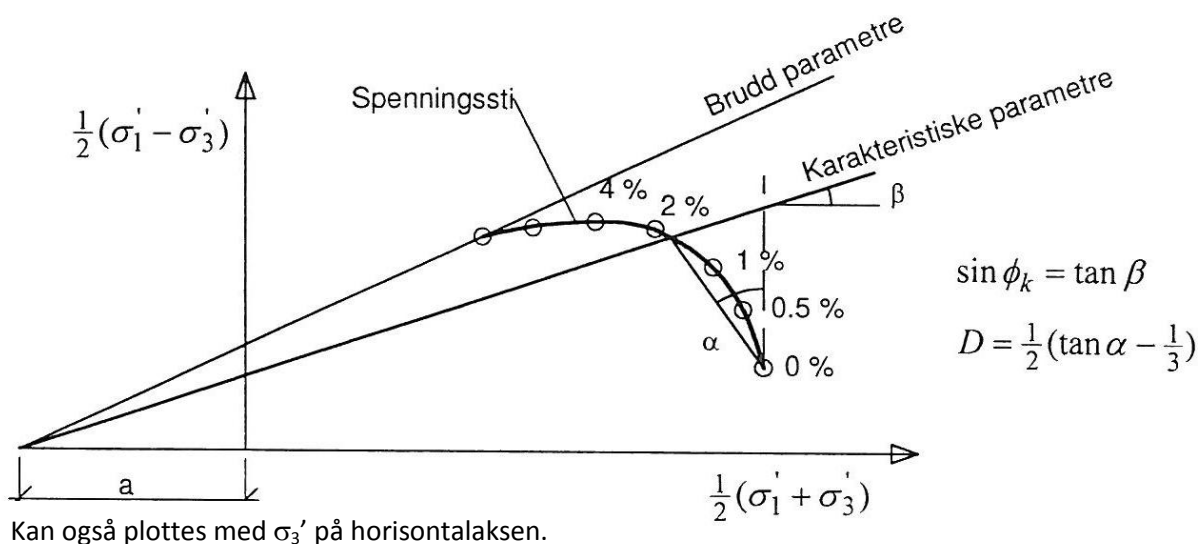
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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 trykksondering med poretrykkmåling (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.

VANNINNHOLD (w %) (NS 8013)

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

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

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (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 $d > 0,063$ 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	$M = m\sqrt{\sigma'\sigma_a}$	Sand, grov silt, $\sigma' > \sigma'_c$

PERMEABILITET (k cm/sek eller m/år)

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

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_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).

HUMUSINNHOLD

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