
RAPPORT

Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi

OPPDRAAGSGIVER

Helgeland avfallsforedling IKS

EMNE

Datarapport grunnundersøkelser og
geoteknisk vurdering av fylling

DATO / REVISJON: 04.desember 2014 / 00

DOKUMENTKODE: 417000-RIG-RAP-001



Multiconsult

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

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

RAPPORT

OPPDAG	Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi	DOKUMENTKODE	417000-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDAGSGIVER	Helgeland avfallsforedling IKS	OPPDAGSLEDER	Roger Kristoffersen
KONTAKTPERSON	Geir Nerdal	UTARBEIDET AV	Ann Kristin Selmer
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 7369 NORD: 737107	ANSVARLIG ENHET	3012 Multiconsult AS
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Rana		

SAMMENDRAG

Helgeland avfallsforedling planlegger et behandlingsanlegg for sigevann fra avfallsdeponi på Røssvollhei i Mo i Rana. Multiconsult AS engasjert for å utføre grunnundersøkelser og vurdere stabiliteten for planlagt oppfylling.

Foreliggende rapport omfatter presentasjon av utførte grunnundersøkelser samt en geoteknisk vurdering.

Grunnundersøkelsene omfatter totalsonderinger i 5 borpunkt samt opptak av 5 poseprøver i ett borpunkt. Løsmassene i området består generelt av grus, sand og silt.

Prosjektet er vurdert iht. Plan- og bygningsloven nr. [7], Eurocode 0 [6] og Eurocode 7 [2] til:

- Geoteknisk kategori 2
- Pålitelighetsklasse (CC/RC) 2
- Kontrollklasse «Normal» for prosjektering og utførelse
- Tiltaksklasse 2

Det er utført stabilitetsberegninger for et profil fra platået og ned til elva Langvassåga. Resultater fra beregningene viser at stabiliteten er tilstrekkelig etter etableringen av fyllingen.

Det forutsettes at all organisk materiale masseutskiftes før etableringen av fyllingen. Det tilrås at fyllingen legges ut i to lag, både med hensyn på anleggsarbeider og stabiliteten av selve fyllingen i permanent tilstand. For å unngå store egensetninger i fyllingen bør det utføres komprimering for hvert av lagene. For å forhindre poreovertrykk i skråningen bak fyllingen tilrås fyllingen å bestå av drenerte masser som sprengtein/pukk. Skråningen fra fyllingstopp og ned mot elva bør legges ut med en skråningshelning på 1:2 og erosjonssikres med plastringstein.

Stabiliteten for dype glideflater i skråningen er etter etableringen av fyllingen tilfredsstillende. Likevel kan det forekomme grunne utglidninger. Disse vil være av begrenset volum og utstrekning, men all bebyggelse må være mer enn 6 m fra skråningsfoten.

For å unngå utrasing av fyllingen i anleggsfasen, tilrås det at fyllingsmassene legges ut på fyllingen og planeres ut over tippene med doser eller hjullaster.

00	04.12.2014	Datarapport grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering	Ann Kristin Selmer	Roger Kristoffersen	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Myndighetskrav	5
2	Grunnundersøkelser	6
2.1	Tidligere grunnundersøkelser	6
2.2	Nye grunnundersøkelser	6
2.2.1	Feltundersøkelser	6
2.2.2	Laboratorieundersøkelser	6
3	Terreng og grunnforhold	6
3.1	Topografi	6
3.2	Grunnforhold	7
3.3	Grunnvann og poretrykksforhold	7
3.4	Bunnkoter Langvassåga	7
4	Sikkerhetsprinsipper	8
5	Materialparametre	8
6	Stabilitetsberegninger	8
6.1	Generelt	8
6.2	Stabilitetsberegninger	8
7	Geoteknisk vurdering	8
7.1	Generelt	8
7.2	Stabilitet	9
7.3	Sikkerhet i anleggsfasen	9
8	Referanser	10

TEGNINGER

417000-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-010	Geotekniske data, BP. 2
	-100	Profil A-A
	-150	Profil A-A, Tolket lagdeling
	-200	Sonderingsprofiler
	-310.1	Profil A-A, stabilitetsberegning dagens geometri, aφ-analyse
	-310.2	Profil A-A, stabilitetsberegning permanentfase, aφ-analyse

VEDLEGG

1. Sikkerhetsprinsipper
2. Materialparametre
3. Stabilitetsberegninger

GEOTEKNISKE BILAG

1. Geotekniske bilag – Feltundersøkelser
2. Geotekniske bilag – Laboratorieforsøk
3. Geotekniske bilag – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Helgeland avfallsforedling IKS planlegger et behandlingsanlegg for sigevann fra avfallsdeponi på Røssvoll i Mo i Rana. I den forbindelse er Multiconsult AS engasjert for å utføre grunnundersøkelser og vurdere stabiliteten for planlagt oppfylling. Figur 1-1 viser et kartutsnitt av aktuelt område.



Figur 1-1 Oversiktsbilde over aktuelt område (Kilde: <http://kart.finn.no/>)

Den planlagte fyllingen skal ligge i bunnen av en 23 m høy skråning, langs og delvis i Langvassåga. En plassering av fyllingen som den er planlagt vil forbedre stabiliteten i området, men det bør likevel dokumenteres at skråningen over fyllingen er stabil. Det er derfor utført grunnundersøkelser langs Langvassåga og på terrengplatået sør for den planlagte fyllingen. Foreliggende rapport omfatter presentasjon av utførte grunnundersøkelser samt en geoteknisk vurdering.

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 Eurocode EN-1997, del 2 Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver [2]. 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 geoteknisk bilag nr. 3 for samlet oversikt over utvalgte metodestandarder.

2 Grunnundersøkelser

2.1 Tidligere grunnundersøkelser

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området. Disse grunnundersøkelsene er:

- Noteby AS (nå Multiconsult), rapport nr. 57187-1, Røssvoll Fyllplass, Mo i Rana, datert 29.mars 1996 [3].
- NGI, rapport nr.20081080-00-9-R, Kvikkleirekartlegging, Mo i Rana med omland, datert 11.desember 2009 [4].

Resultater av disse undersøkelsene er delvis innarbeidet i foreliggende rapport.

2.2 Nye grunnundersøkelser

2.2.1 Feltundersøkelser

Feltarbeidet ble utført i uke 41/2014. Undersøkelsene ble leget av borleder Stian Langolf. Boringene ble utført med en Geotech 607 borerigg.

Feltundersøkelsene omfattet:

- Totalsondering i 5 borpunkter
- Opptak av 5 poseprøver i 1 borpunkt

Borpunktene er satt ut av borleder og senere innmålt med Trimble GPS med CPOS. Nøyaktighet i horisontalplanet er 1-2 cm og 4-5 cm i vertikalplanet. Alle kotehøyder refererer til NGO NN2000.

Innmålt kotehøyde for borpunkt 2 viste at sonderingen begynte ca. 2 m over terreng. På grunn av tett vegetasjon i bunnen av skråninga fikk vi ikke nøyaktig innmåling av punktet. Sonderingsprofilen er på tegning flyttet slik at sonderingen ligger i terreng etter gitt grunnlagskart.

Borpunktene er opptegnet i profil på tegning nr. 417000-RIG-TEG-100 og -150.

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

2.2.2 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene.

Resultat fra denne undersøkelsen er presentert som geotekniske data i tegning nr. 417000-RIG-TEG-010.

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

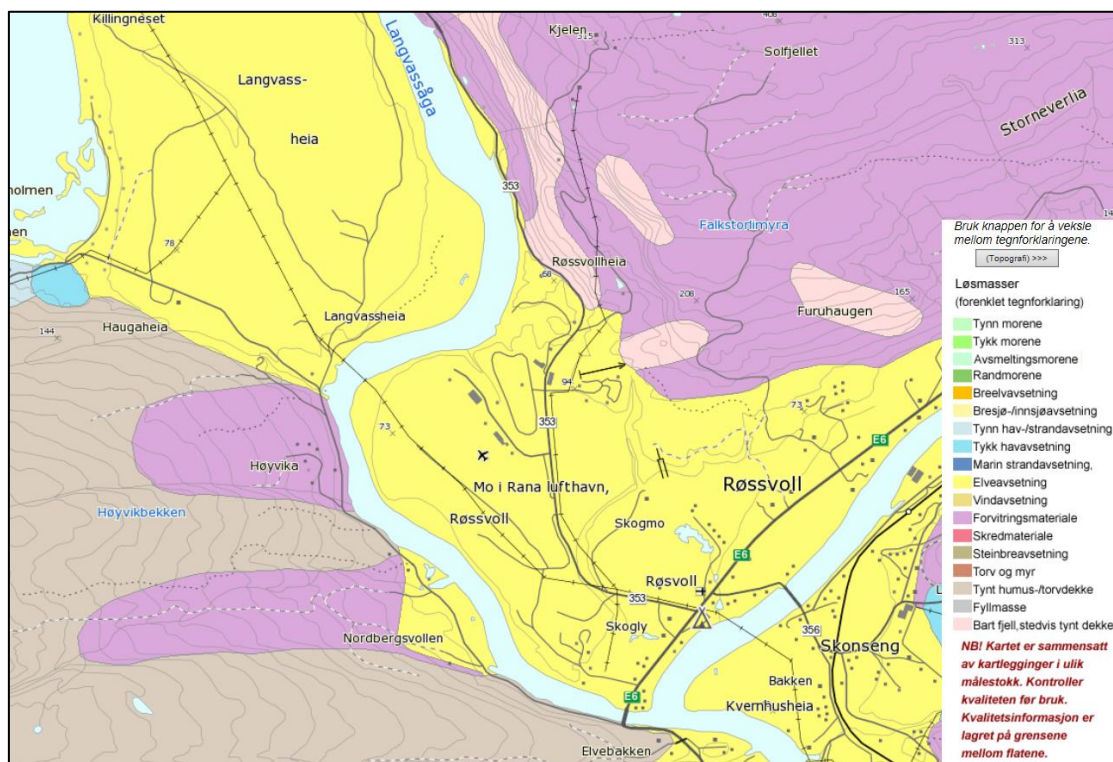
3 Terreng og grunnforhold

3.1 Topografi

Det aktuelle området ligger like nord for Røssvoll flyplass i Mo i Rana. Topografien i området består av et flatt platå og en bratt skråning ned til elva Langvassåga. Platået ligger på kotehøyde ca. +67,0 og nivået langs elva er ca. +44,0, og har en høydeforskjell på ca. 23,0 m. Skråningen heller mot nord og har en skråningshelning på omtrent 1:1.

3.2 Grunnforhold

Kvartærgeologisk kart viser at planlagt avfallsdeponi ligger i et område med mektig elveavsetning. Utsnitt av kvartærgeologisk kart er vist i figur 3-1.



Figur 3-1 Kvartærgeologisk kart (Kilde www.skednett.no)

Totalsonderingene utført langs Langvassåga ble avsluttet i dybder ca. 20 m under terreng, mens totalsonderingen utført på terrengplatået ble avsluttet i dybder ca. 40 under terreng. Dybde til berg er ikke påvist.

Laboratorieundersøkelsene viser at løsmassene i området i hovedsak består av grus, sand og sandig silt.

For videre beskrivelse av grunnforhold vises det til vedlagte geotekniske data tegning nr. 417000-RIG-TEG-010.

3.3 Grunnvann og poretrykksforhold

Det er ikke foretatt grunnvannsmålinger i forbindelse med grunnundersøkelsene. Den planlagte fyllingen skal ligge langs og delvis i Langvassåga. Vannstanden i Langvassåga er omtrent på kote + 44. Da det ikke foreligger grunnvannsmålinger på toppen av platået, er grunnvannsnivået her usikkert.

3.4 Bunnkoter Langvassåga

Det er utført bunnkotekartlegging i elva Langvassåga. Målingene er utført av Helgeland avfallsforedling. Disse målingene er tatt utgangspunkt i eksisterende bygg som ligger på ca. kote +47,0 nede ved Langvassåga. Målingene er utført parallelt med veggen på bygget og ut i elva og med 10 meters avstand mellom målepunktene.

Målingene er tatt ca. 100 m fra profilet som er benyttet i stabilitetsberegninger, slik at det må påberegnes noe usikkerheter i forhold til bunnkoter langs dette profilet. Omtrentlig plassering av målepunktene er tegnet inn i tegning nr. 417000-RIG-TEG-001 og målte dybder er inntegnet som elvebunn i tegning nr. -100.

4 Sikkerhetsprinsipper

Prosjektet er vurdert iht. Plan- og bygningsloven nr. [7], Eurocode 0 [6] og Eurocode 7 [2] til:

- Geoteknisk kategori 2
- Pålitelighetsklasse (CC/RC) 2
- Kontrollklasse «Normal» for prosjektering og utførelse
- Tiltaksklasse 2

Nærmere begrunnelse for klassifisering av prosjektet er gitt i vedlegg 1.

5 Materialparametre

Tidligere utførte grunnundersøkelser i området utført av NGI og Noteby AS er benyttet som grunnlag for parametervalg. For valg av materialparametre, vises det til vedlegg 2.

6 Stabilitetsberegninger

6.1 Generelt

Med bakgrunn for gitte tegninger og grunnforhold, er det gjort stabilitetsberegninger for ett utvalgt profil. Det er utført beregninger for dagens geometri og for permanenttilstanden.

Plassering av beregningsprofilen er vist på tegning nr. 417000-RIG-TEG-001.

Begge fasene er beregnet ved effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -analyse.. Det er utført beregninger for glideflater dypere enn 3 m under terreng og for glideflater grunnere enn 2 m under terreng. Glideflater som går grunnere enn 2 m under terreng vurderes å få liten utstrekning, og vil derfor ikke få betydning mer enn 6 m fra skråningsfoten.

I beregningene er det forutsatt at fyllingen legges ut med grus /pukk og at humus og torv er masseutskiftet.

6.2 Stabilitetsberegninger

Beskrivelse av stabilitetsberegninger og beregningsresultater er vist i vedlegg 3.

Utskrift av stabilitetsberegninger er vist på tegning nr. 417000-RIG-TEG-310.1 og 310.2.

Beregningene viser at stabiliteten ikke tilstrekkelig for dagens situasjon. Dette gjelder både for glideflater dypere enn 3 m og grunnere enn 2 m under terreng. De samme glideflatene får etter etablering av fyllingen tilstrekkelig stabilitet. Etter etableringen av fyllingen vil det likevel oppstå andre glideflater enn de som var kritiske før oppfylling. Disse glideflatene ligger 2 m og grunnere i terrenget og har en beregningsmessig sikkerhet på $\gamma_M \approx 1,0$.

7 Geoteknisk vurdering

7.1 Generelt

Generelt tilrås det at organiske masser, vegetasjonsdekke, myr og torv masseutskiftes med pukk og steinmasser.

Fyllingsmassene bør generelt bestå av grus eller pukk. For at fyllingen skal være stabil og evt. fortrenge bløtere masser på elvebunnen, bør sprengstein med stor steinstørrelse benyttes, spesielt i

det underste laget. Dette tilrås både av anleggstekniske hensyn for å få gjennomført utleggingen av massene og av internstabiliteten av fyllingen, samt å unngå poreovertrykkoppbygging i fyllinga og i skråningen sør for elva.

Fyllingen bør legges ut i to lag, komprimeres slik at det ikke oppstår uakseptable egensetninger i fyllingen etter byggetiden, og utlegges slik at det oppnås størst mulig homogenitet i horisontal utstrekning. For å unngå erosjon på fyllingen langs elva tilrås det å erosjonssikre skråningene med plastringsstein og utlagt med en skråningshelning på 1:2. Plastringsstein bør være av en størrelse som tåler vannerosjon og isgang, og bør plasseres lagvis og individuelt slik at overflateskråningen blir stabil. For ytterligere informasjon om erosjonssikring i vassdrag vises det til HB V221 [9].

Det må kontrolleres at den planlagte fyllinga anlegges høyt nok til at den ikke vil være utsatt for flom i Langvassåga.

7.2 Stabilitet

Stabilitetsberegninger utført for profil A-A, viser at det ikke er tilstrekkelig stabilitet for dagens situasjon, hverken for dype glideflater og for glideflater som ligger mindre enn 2 m under terreng. Skråningen står i dag med en skråningshelning på omtrent 1:1 og har en høydeforskjell på ca. 23 m.

Ved etablering av fylling nederst i skråningen vil beregningsmessig sikkerhet for glideflaten som ligger mer enn 3 m under terreng forbedres med 33 %. Beregninger for permanenttilstanden viser likevel at det kan forekomme overflateskred i øvre deler av skråningen, men at disse er begrenset i omfang. Basert på dette er det gjort en overslagsberegning av hvilken utstrekning et evt. skred fra skråningen maksimalt kan få. Dette er gjort ved å beregne anslagsvis volum av utrast masse og deretter estimere utløpsdistansen. Det er ved estimert volum tatt hensyn til at massene blir løsere lagret etter at et evt. skred har gått. Sannsynlig utløp for et slikt skred vil anslagsvis være høyden på skråningen målt fra midten av rasgropen og utover mot fyllingen. Estimert volum for et slikt ras vil være omtrent 50 000 m³ pr lengdemeter, og kan strekke seg omtrent 6 m ut på fyllingen. All bebyggelse på fyllinga må derfor være utenfor denne sonen.

Skråninga opp fra elva er i dag svært bratt. Vi vurderer derfor at grunnvannsstanden i skråninga er lav. Det er viktig at det ikke utføres tiltak som kan endre på grunnvannsnivået. Slike tiltak kan være tiltak på oversida som øker vanninfiltrasjonen inn i massene, eller tiltak på nedsida som reduserer utstrømming av vann i skråningsfoten. For at utstrømmingen av vann i skråningsfot ikke skal reduseres, er det viktig at organiske lag/humus fjernes før fyllmassene legges ut og at det benyttes permeable masser til oppfylling.

7.3 Sikkerhet i anleggsfasen

For å opprettholde krav om sikkerhet i anleggsfasen tilrås det å legge ut fyllingen i to lag. Dette for at den totale høydeforskjellen internt på fyllingen ikke skal bli for stor, samt å ha bedre kontroll på skråningen ned mot elva. Massene legges ut på fyllingen og planeres ut over tippa med doser. Når lag nr 1 er lagt ut i full utstrekning, kan lag nr 2 påbegynnes.

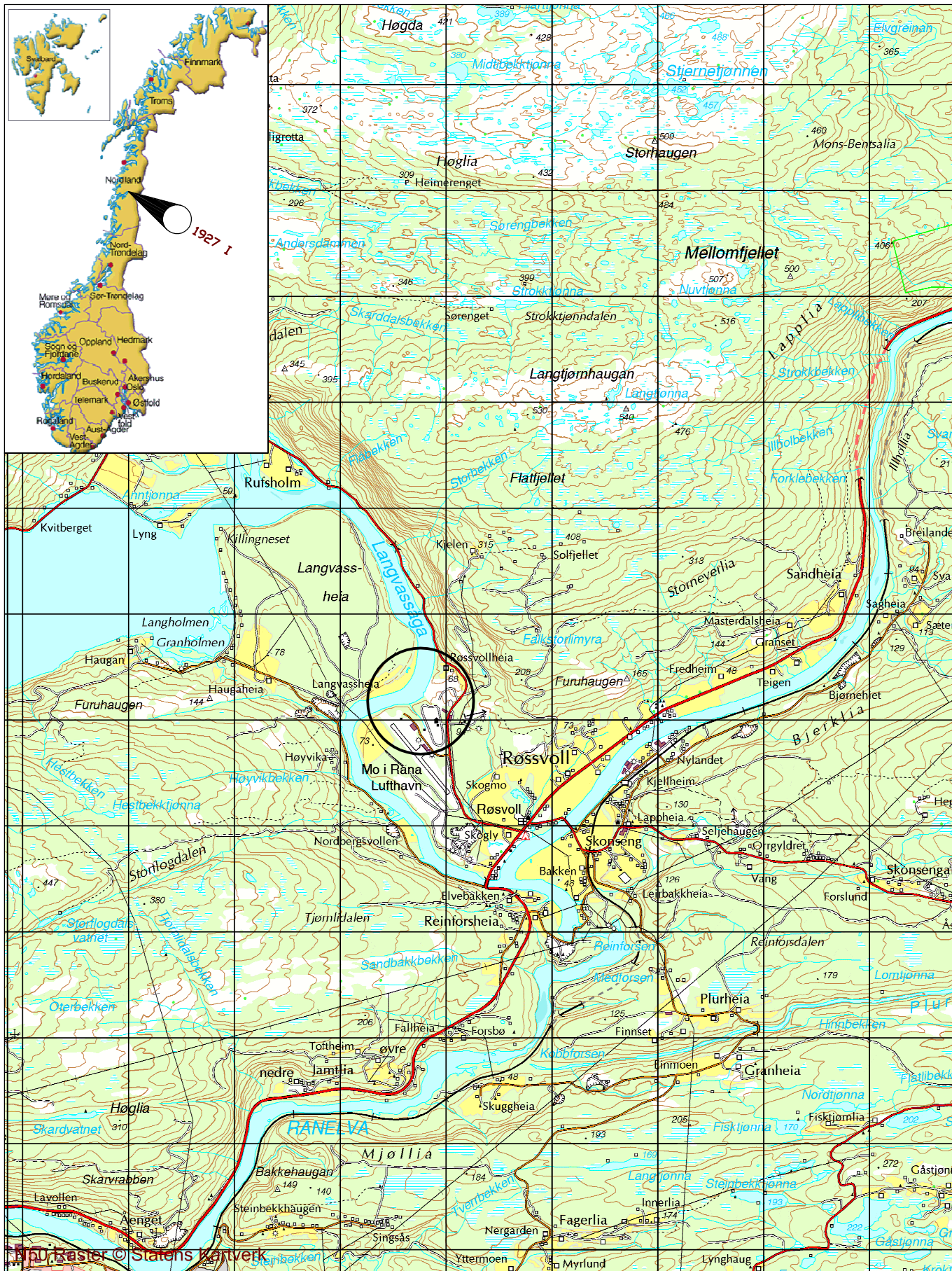
For å unngå utrasing på tippa må det av hensyn til de som arbeider på fyllingen, føres systematisk kontroll av skråningshelning. Bratte partier eller overheng må lokaliseres og slakes ned.

Videre bør det ikke foretas utgraving av masser i foten av skråninga.

I perioder med flom, sterk nedbør eller snøsmelting bør det ikke foregå arbeid i de 6 metrene som er nærmest foten av dagens skråning, da dette området kan bli utsatt for mindre overflateras.

8 Referanser

- [1] Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring – Krav,» Standard Norge, Norsk standard, (ISO) NS-EN ISO 9001:2008, Des. 2008
- [2] Standard Norge (2004). Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler. NS-EN 1997.2004 + NA:2008
- [3] Noteby AS (nå Multiconsult AS), rapport nr. 57187-1, Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering, Røssvoll Fyllplass, Mo i Rana, datert 29.mars 1996
- [4] NGI, rapport nr. 20081080-00-9-R, Kvikkleirekartlegging, Mo i Rana med omland, datert 11.desember 2009
- [5] Siv. Ing. Jan Lian AS, Detaljregulering fra Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi i Rana kommune, datert 24.07.2014.
- [6] Standard Norge (2002). Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner. NS-EN 1997-2002 + NA:2008.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet (2011) *Veiledning om byggesak*. Publikasjonsnummer HO 1/2011
- [8] Statens vegvesen, Håndbok nr. V220 Geoteknikk i vegbygging, 2010 rev.2014.
- [9] Statens vegvesen, Håndbok nr. V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, 2012 rev. 2014.



OVERSIKTSKART

Helgeland avfallsforedling
Renseanlegg Røssvollheia avfallsdeponi

MULTICONSULT AS

7486 Trondheim
Tlf: 73 10 62 00 - Faks: 73 10 62 30/70

Dato
18.11.2014

Oppdragsnr.
417000

Tegnet
anks

Tegningsnr.
RIG-TEG-000

Kontrollert
rk

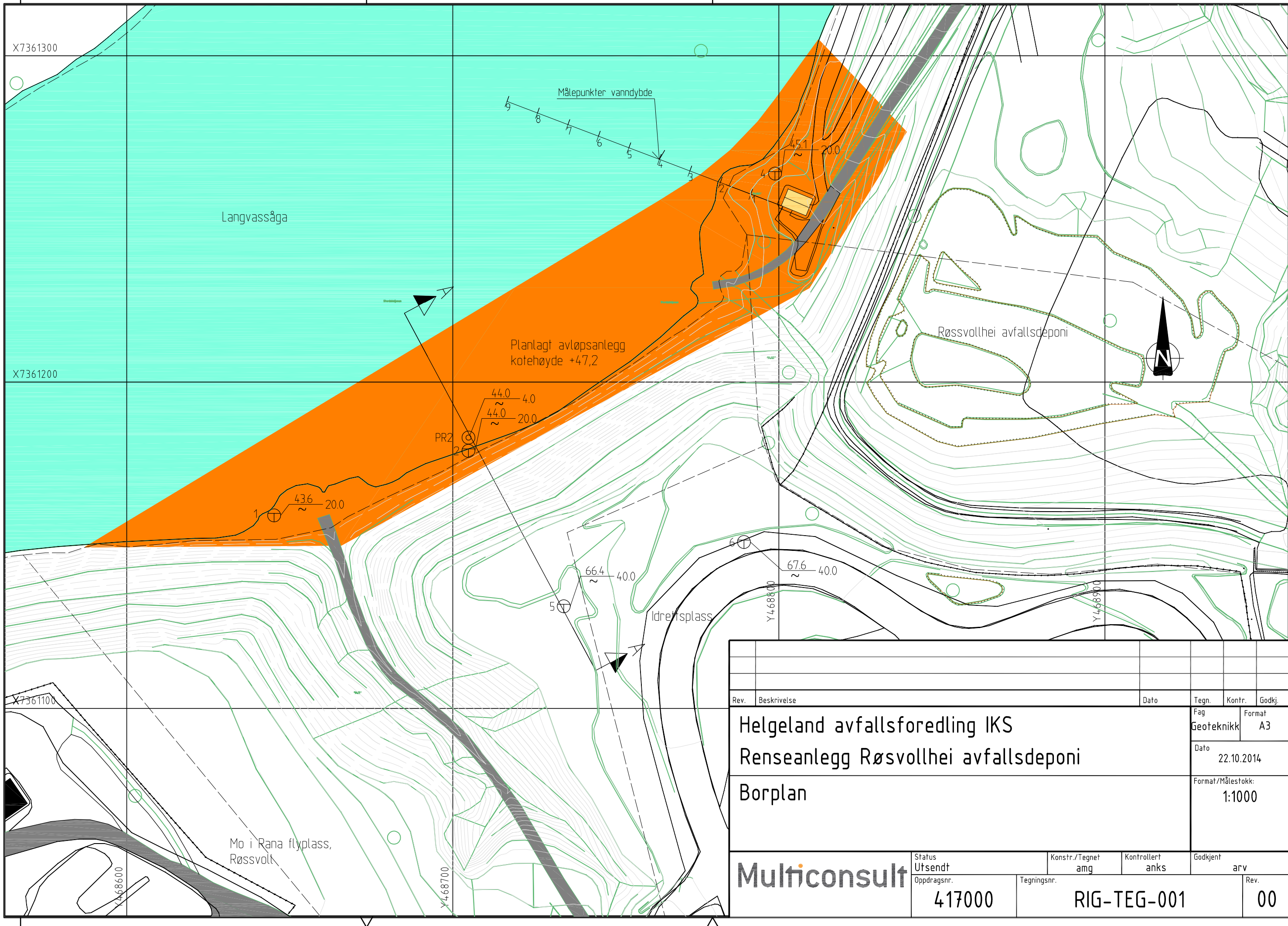
Rev.
00

Borplan nr.
-001

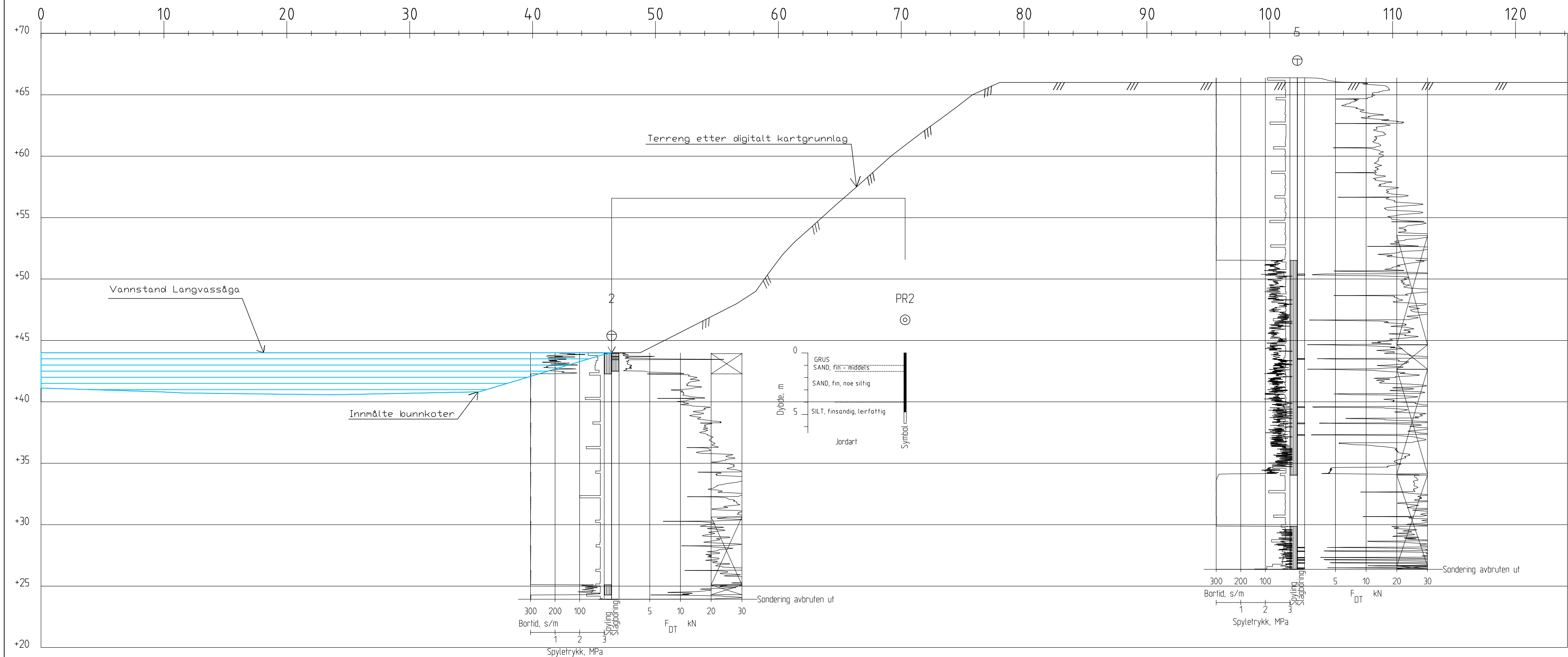
Målestokk
1:50 000



Godkjent
arv

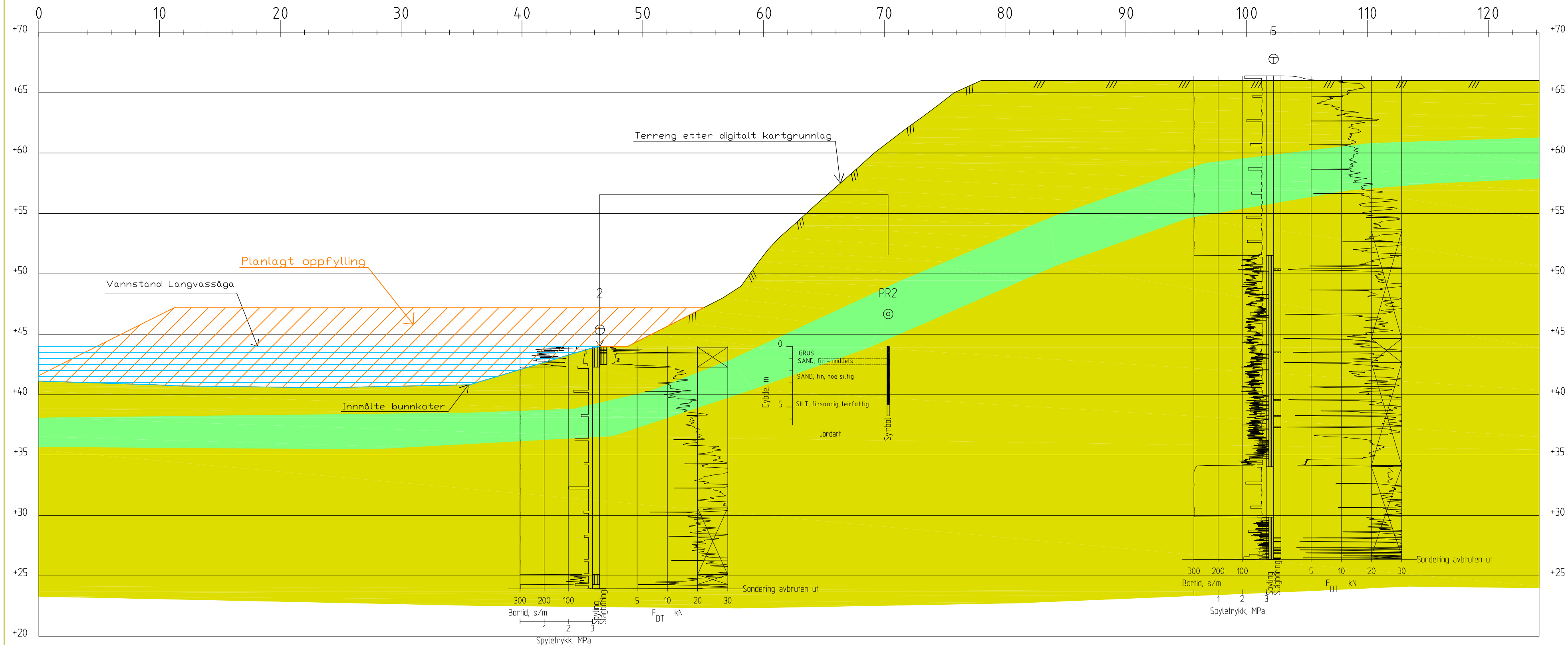


Rev.	Beskrivelse		Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.
Helgeland avfallsforedling IKS Renseanlegg Røsvollhei avfallsdeponi						Fag Geoteknikk	Format A3		
						Dato 22.10.2014			
Borplan						Format/Målestokk: 1:1000			
Multiconsult		Status Utsendt		Konstr./Tegnet amg	Kontrollert anks		Godkjent arv		
		Oppdragsnr. 417000	Tegningsnr. RIG-TEG-001				Rev. 00		



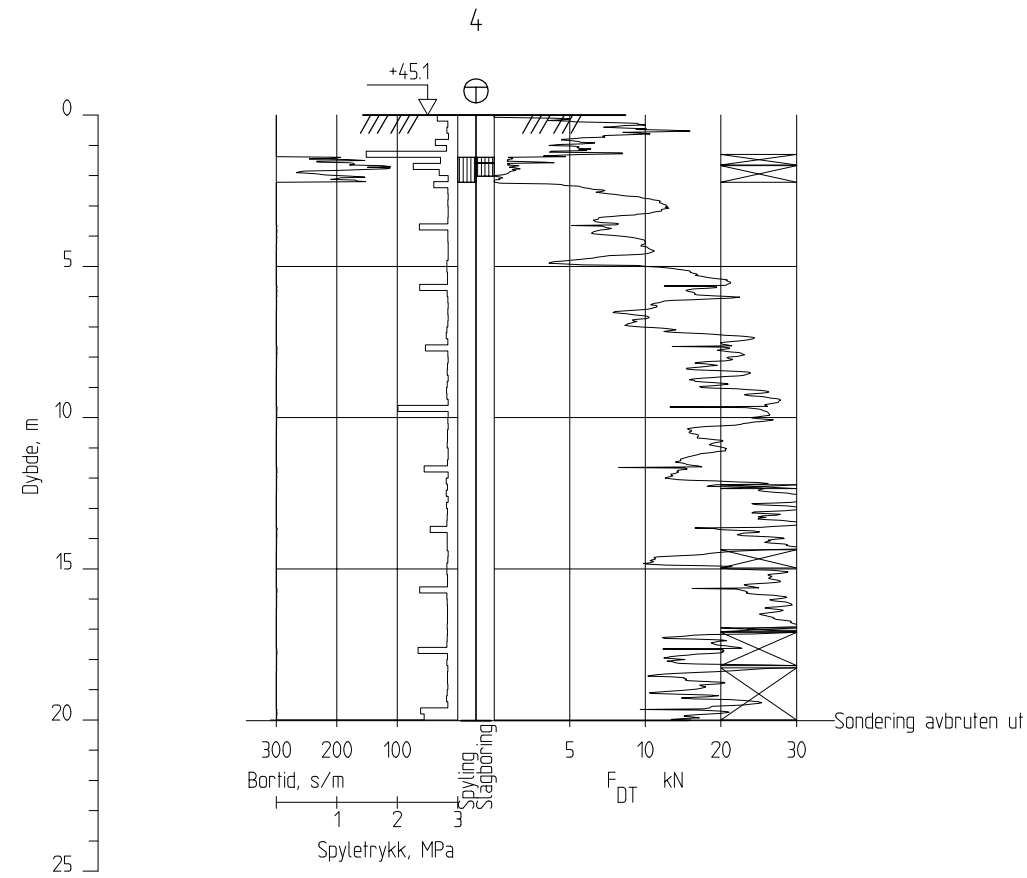
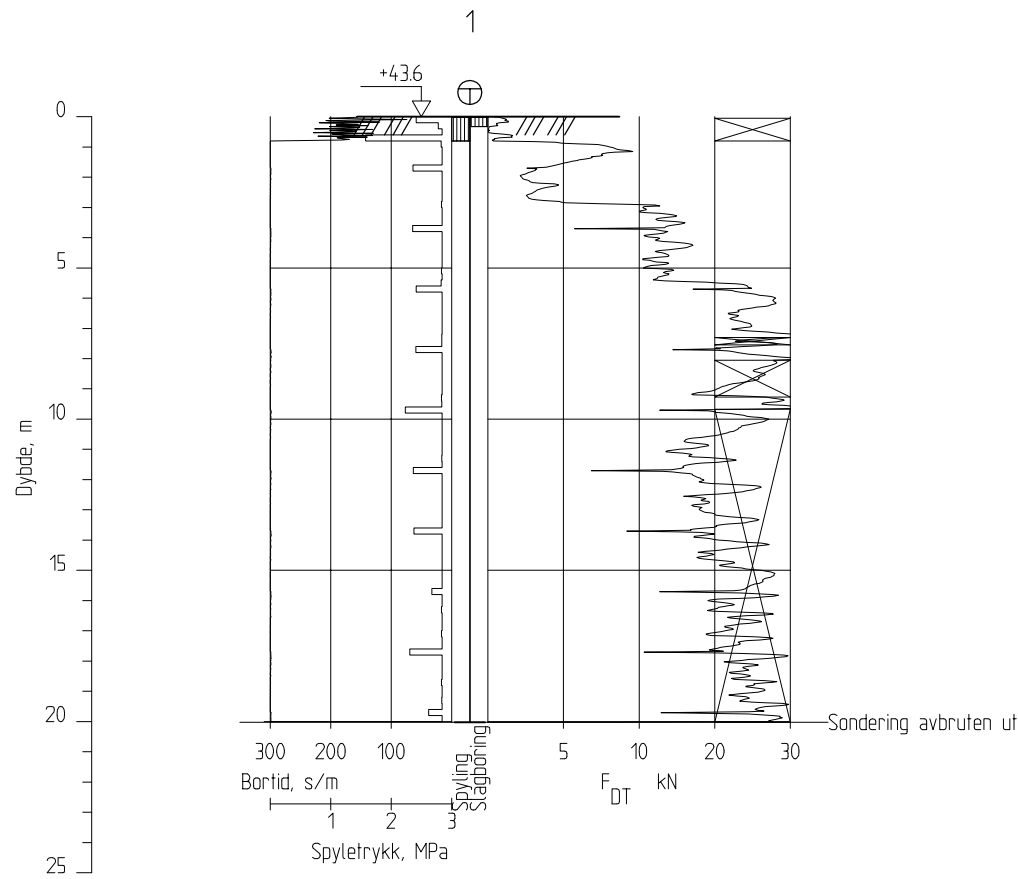
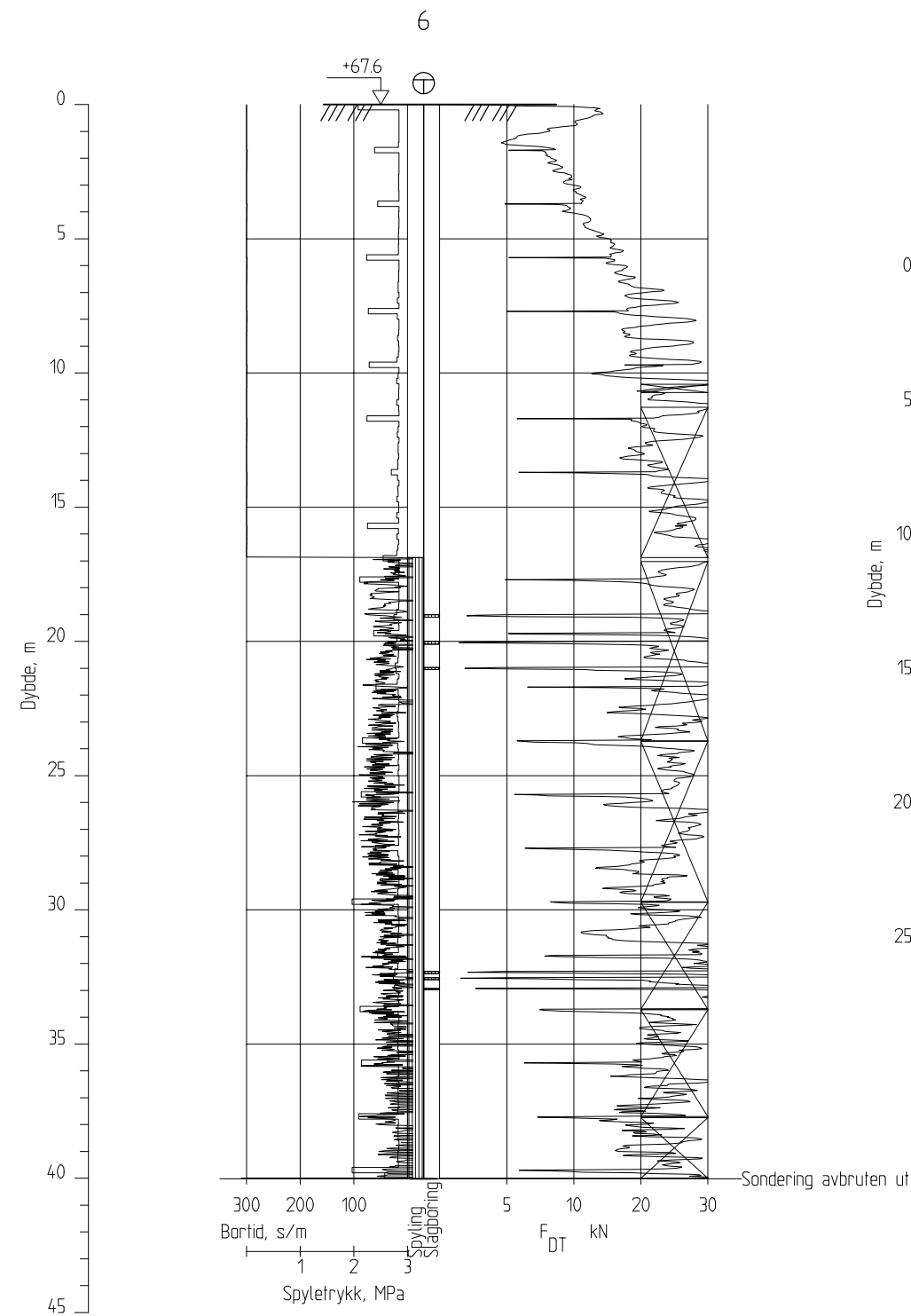
Profil A-A

Rev.		Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-		-	-	-	-	-
Helgeland avfallsforedling				Fag	Format	
Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi				Geoteknikk	A3L	
Profil A-A				Dato	11.11.2014	
				Format/Målestokk:	1:250	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
www.multiconsult.no		Utført	anks	rk	arv	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	RIG-TEG-100		Rev.	00
417000						



Profil A-A

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Helgeland avfallsforedling			Fag	Format	
Røssvollhei avfallsdeponi			Geoteknikk	A3L	
Tolket lagdeling			Dato	11.11.2014	
			Format/Målestokk:	1:250	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	anks	rk	arv
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
417000		RIG-TEG-150	00		

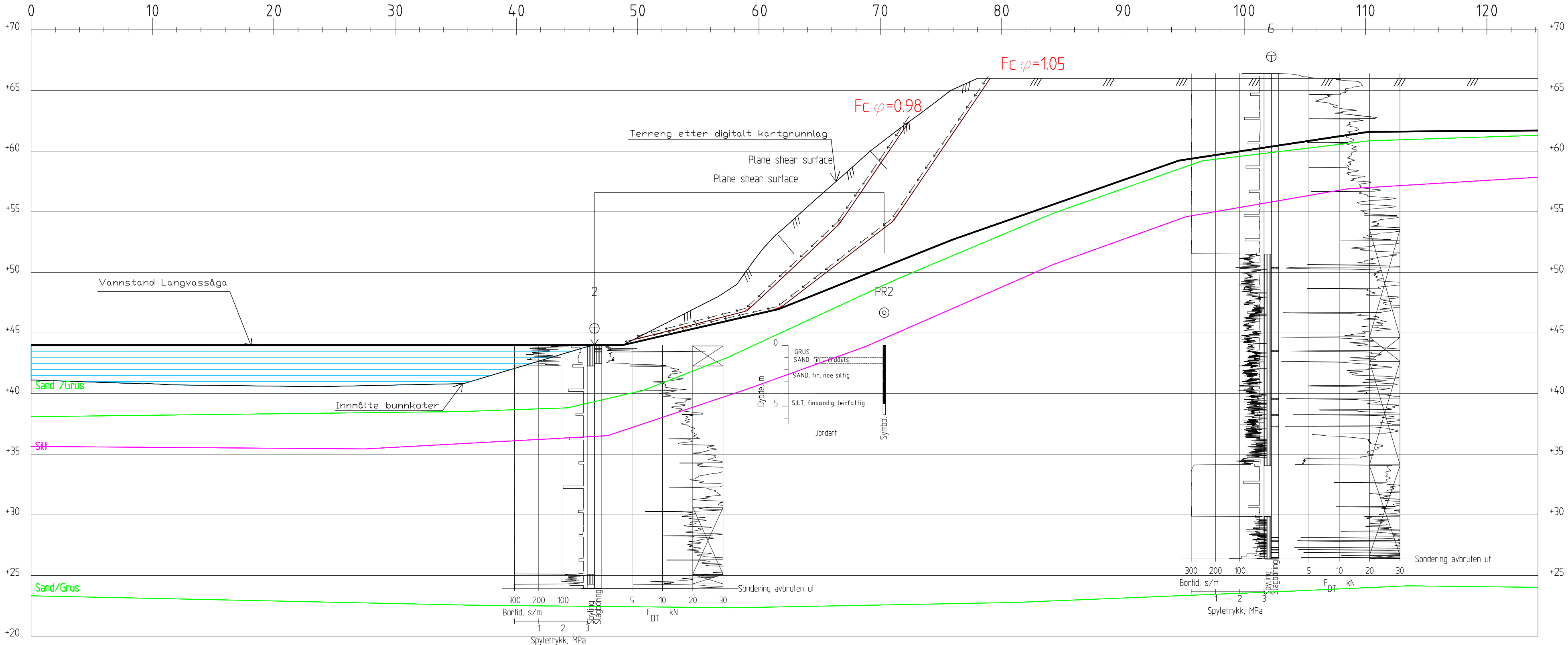


-	-	-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Helgeland avfallsforedling Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi			Fag Geoteknikk	Format A3L	
			Dato	18.11.2014	
Sonderingsprofil BP 1, BP 4 og BP 6			Format/Målestokk:	1:250	
			Godkjent	arv	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Utsendt	Konstr./Tegnet anks	Kontrollert rk	Godkjent arv
		Oppdragsnr. 417000	Tegningsnr. RIG-TEG-200	Rev.	00

z:\o417\417000\417000-03 arbeidsområde\417000-01 rig\417000-10 geosuite\stabgraf.rit\profil a-a afi-analyse.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sand /Grus	19.00	9.00	35.0	1.0				
Silt	19.00	9.00	31.0	5.0				
Sand/Grus	19.00	9.00	35.0	1.0				

Fcfi=1,05
Kritisk skjærflate PLane AFI-analyse
Result file : z:\o417\417000\417000-03 arbeidsområde\417000-01 rig\417000-10 geosuite\stabgraf.rit\profil a-a afi-analyse.R5
Fcfi=0,98
Kritisk skjærflate PLane AFI-analyse
Result file : z:\o417\417000\417000-03 arbeidsområde\417000-01 rig\417000-10 geosuite\stabgraf.rit\profil a-a afi-analyse.R6

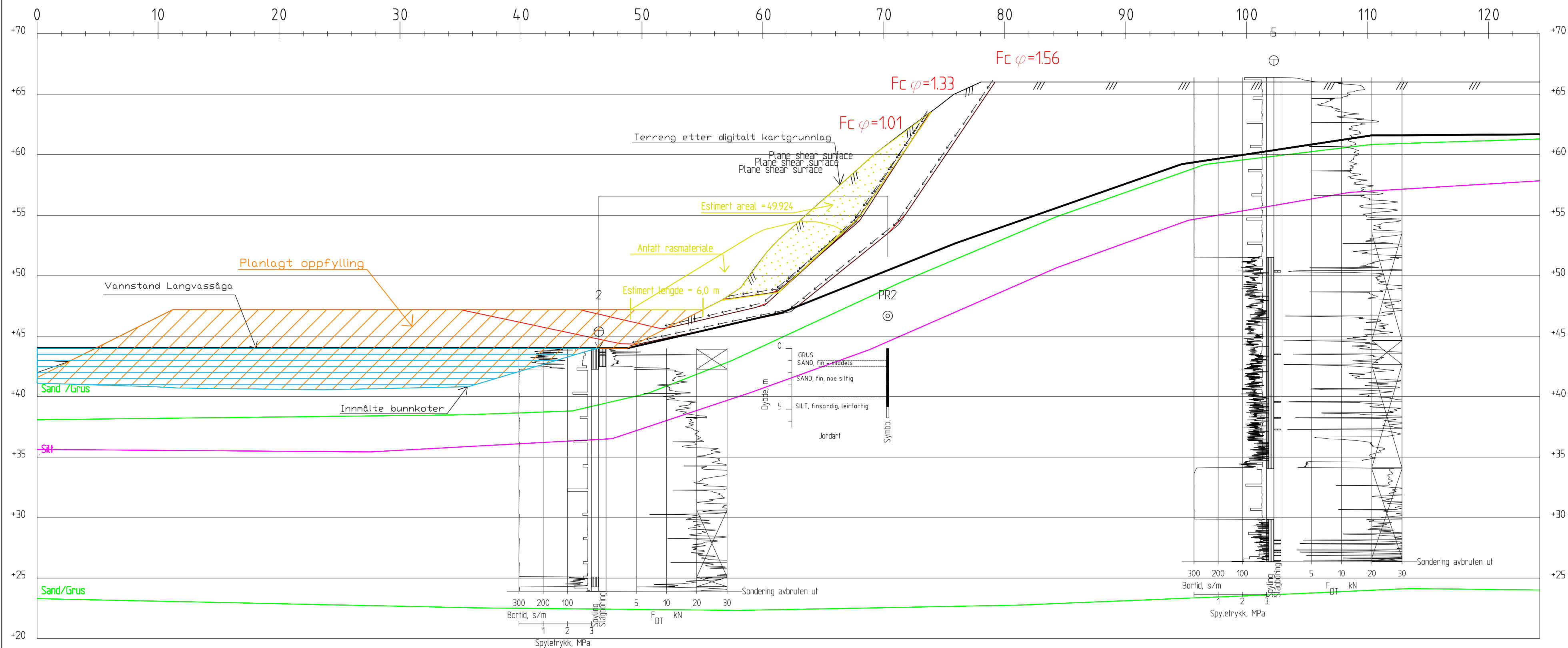


Profil A-A

-	-				-		-	-	-
Rev.	Beskrivelse				Dato		Tegn.	Kontr.	Godkj.
Helgeland avfallsforedling Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi						Fag		Format	
						Geoteknikk		A3L	
						Dato		18.11.2014	
Profil A-A Stabilitetsberegninger, dagens tilstand Drenert analyse, AFI-beregning						Format/Målestokk:			
						1:250			
Multiconsult www.multiconsult.no		Status		Konstr./Tegnet		Kontrollert		Godkjent	
		Utsendt		anks		rk		arv	
		Oppdragsnr.		Tegningsnr.				Rev.	
		417000		RIG-TEG-310.1				00	

Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Sand /Grus	19.00	9.00	35.0	1.0				
Silt	19.00	9.00	31.0	5.0				
Sand/Grus	19.00	9.00	35.0	1.0				

Fcfi=1,56
Kritisk skjærflate Plane AFI-analyse
Result file : z:\o417\417000\417000-03 arbeidsområde\417000-01 rig\417000-10 geosuite\stabgraf.rit\profil a-a afi-analyse - permanentfasen.R3
Fcfi=1,33
Kritisk skjærflate Plane AFI-analyse
Result file : z:\o417\417000\417000-03 arbeidsområde\417000-01 rig\417000-10 geosuite\stabgraf.rit\profil a-a afi-analyse - permanentfasen.R6

Profil A-A

-	-					-	-	-	-
Rev.	Beskrivelse	Dato	Fag	Kontr.	Godkj.				
	Helgeland avfallsforedling Renseanlegg Røssvollhei avfallsdeponi		Tegn. Geoteknikk	A3L	Format A3L				
			Dato	18.11.2014					
	Stabilitetsberegning, permanenttilstand Drenert analyse, AFI-beregning		Formater/Målestokk:		1:250				
		Status Utsendt	Konstr./Tegnet anks	Kontrollert rk	Godkjent	arv			
Multiconsult www.multiconsult.no		Oppdragsnr: 417000	Tegningsnr.: RIG-TEG-310.2			Rev. 00			

Vedlegg 1

1 Sikkerhetsprinsipper

1.1 Normativt grunnlag for geoteknisk vurdering

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjektering, og for geoteknisk prosjektering gjelder da:

- Teknisk forskrift, TEK 10 § 7 og § 10
- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0) [6] (Generelle regler)
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7) [2] (Geoteknikk)

I tillegg, og i den grad de er relevante, anbefales følgende veiledninger benyttet:

- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, juni 2014.
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, april 2012 rev. 2014.

Eventuelle erfaringsparametere vil bli hentet fra Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging.

1.2 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbygginga er relatert til:

- Stabilitet for skråning ned mot planlagt fylling
- Setninger
- Erosjonsforhold langs Langvassåga

1.3 TEK 10 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 10 § 7.2 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

1.4 TEK 10 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 10 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 10 § 10.2 angir følgende:

Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.

I veiledningen til TEK 10 står det:

Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.

Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt i pkt. A.2, vil TEK 10 § 10 dermed være ivaretatt.

1.5 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut ifra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering» [2].

Prosjektet omfatter fylling i bunnen av en skråning, langs elva Langvassåga. Dette omfatter konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- eller belastningsforhold. Med dette som grunnlag velges overordnet krav til prosjektering iht. Geoteknisk kategori 2.

1.6 Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/CR)

NS-EN 1990:2002+NA:2008 [6] definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/CR). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

Prosjektet vurderes å falle under kategorien: *"Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold."* i Tabell NA.A1 (901). Prosjektet plasseres derfor i Pålitelighetsklasse CC/RC 2, som ut fra Tabell B1 [6] beskriver *"middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv eller betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser"*.

1.7 Tiltaksklasse iht. PBL

Iht. tabell 2 «Kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering» i Veiledning om byggesak [7], utarbeidet av Direktoratet for byggkvalitet, vurderer vi at etableringa av fyllinga plasseres i Tiltaksklasse 2 for geotekniske arbeider.

1.8 Kvalitetssystem

Eurokode 0 krever at det ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal være et kvalitetssystem tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillе NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Multiconsults systemer tilfredsstiller også sistnevnte krav, og kravet for kvalitetssystem er således ivaretatt også for pålitelighetsklasse 3.

1.9 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer for krav til omfang av projekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I samsvar med tabell NA.A1(902) og NA.A1(903) i Eurokode 0 blir projekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeid satt til kontrollklasse N (normal).

For prosjektering gjelder da at det blir utført grunnleggende kontroll (egenkontroll) og intern systematisk kontroll (kollegakontroll).

For utførelse innebærer kontrollklasse «N» at det skal utføres basis kontroll og intern systematisk kontroll av alt utført arbeid.

1.10 Bruddmekanisme

Løsmassene i området består i hovedsak av silt, sand og grus med stor mektigheten. Basert på en totalvurdering vurderes bruddmekanismen å være nøytral.

1.11 Krav til sikkerhetsnivå

Eurokode 7 [2] stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient $\gamma_M \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyser og $\gamma_M \geq 1,4$ for totalspenningsanalyser.

Vedlegg 2

1 Materialparametre

1.1 Tolkning av beregningsparametre

Tolkning av parametre er utført på basis av opptatte poseprøver, samt 54 mm prøveserier fra tidligere grunnundersøkelser i området.

Tyngdetetthet

Benyttede verdier for tyngdetetthet er basert på laboratorieverdier fra tidligere undersøkelser samt erfaringsverdier iht. håndbok V220.

1.2 Effektivspenningsparametre

For effektivspenningsparametre på leira er det benyttet erfaringsverdier iht. håndbok V220.

Silt

Ut fra erfaringsverdier vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\phi_k = 31,0^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,60$) og attraksjon $a = 5$ kPa.

Sand/grus

Ut fra erfaringsverdier vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\phi_k = 35^\circ$ ($\tan \phi_k = 0,70$) og attraksjon $a = 1$ kPa.

1.3 Materialparametere

Valgte styrkeparametre benyttet ved beregningene er oppsummert i tabellen under.

Tabell 1 Materialparametere

	Tyngdetetthet, γ	Friksjon, $\tan \phi_k$	Attraksjon, a
Silt	19,0 kN/m ³	0,60 ($\phi_k = 31,0^\circ$)	5 kPa
Sand/grus	19,0 kN/m ³	0,70 ($\phi_k = 33,0^\circ$)	1 kPa

Vedlegg 3

1 Stabilitetsberegninger

1.1 Generelt

I denne fasen er det utført beregninger for et utvalgt profil fra platået ved idrettsplassen og ned til elva Langvassåga. Dette profilet er antatt å være mest kritisk på bakgrunn av grunnforhold og topografi.

1.2 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 14.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

1.3 Stabilitetsberegninger

Plassering av beregningsprofilet er vist på tegning nr. 417000-RIG-TEG-001. Tolket lagdeling for profilet er vist på tegning nr. -RIG-TEG-150. Det er utført beregninger ved drenert effektivspenningsanalyse, $\alpha\phi$ -analyse før og etter etablering av fyllinga.

Tabell 1 Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate profil A-A.

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_M for kritisk skjærflate
417000-RIG-TEG-310.1	Profil A-A, dagens geometri	A ϕ analyse	1,06
417000-RIG-TEG-310.2	Profil A-A, permanent tilstand	A ϕ analyse	1,56

1.4 Kommentarer til stabilitetsberegningene

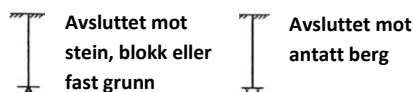
Kotehøyder for terrengplatået ligger på ca. + 67,0 og elva Langvassåga ligger på kotehøyde ca. +44,0. Dette gir en høydeforskjell på ca. 23 m. I tillegg er gjennomsnittlig skråningshelning ca. 1:1. Det er utført stabilitetsberegning for den samme antatt mest kritiske glideflaten før og etter tiltak.

På toppen av platået bakerst i profilet er det i stabilitetsberegningene lagt til grunn en grunnvannstand på ca. 5 m under terrengnivå. Dette er med bakgrunn i typen løsmasse og dens drenerte oppførsel.

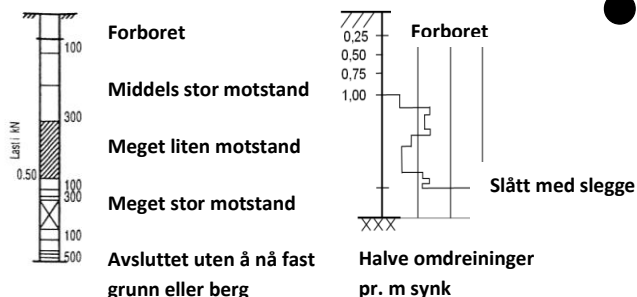
BILAG 1

**Geoteknisk informasjon –
Terminologi for feltundersøkelser**

(2 sider)



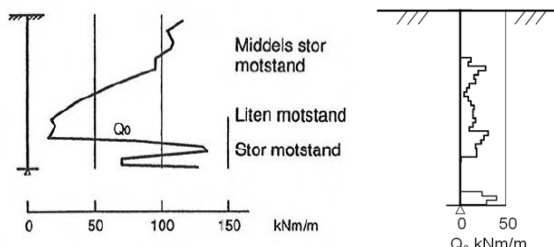
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



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.

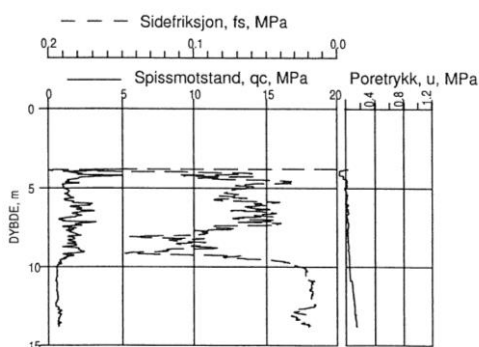


RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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.

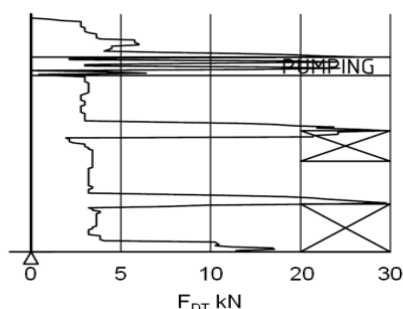
Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



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).

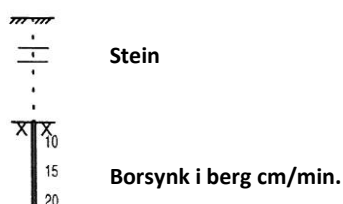


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

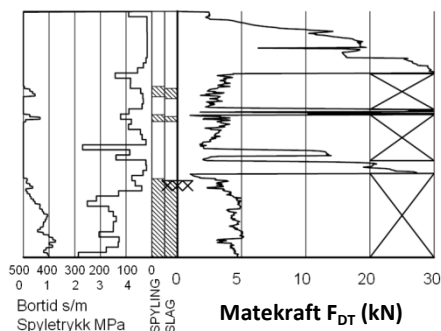
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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



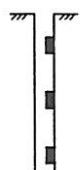
BERGKONTROLLBORING

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.



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 dreietrykksmodus, 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 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.



Prøvemarkering



MASKINELL NAVERBORING

Utføres med hul borstang påsveis et metallspiral med fast stighøyde (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.



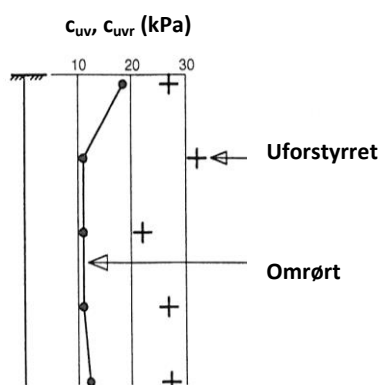
Prøvemarkering



PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

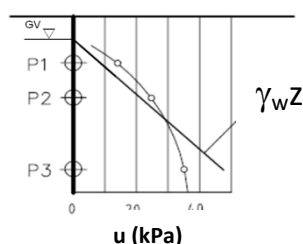
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På 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 (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stighøyde 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

**Geoteknisk informasjon –
Terminologi for 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).

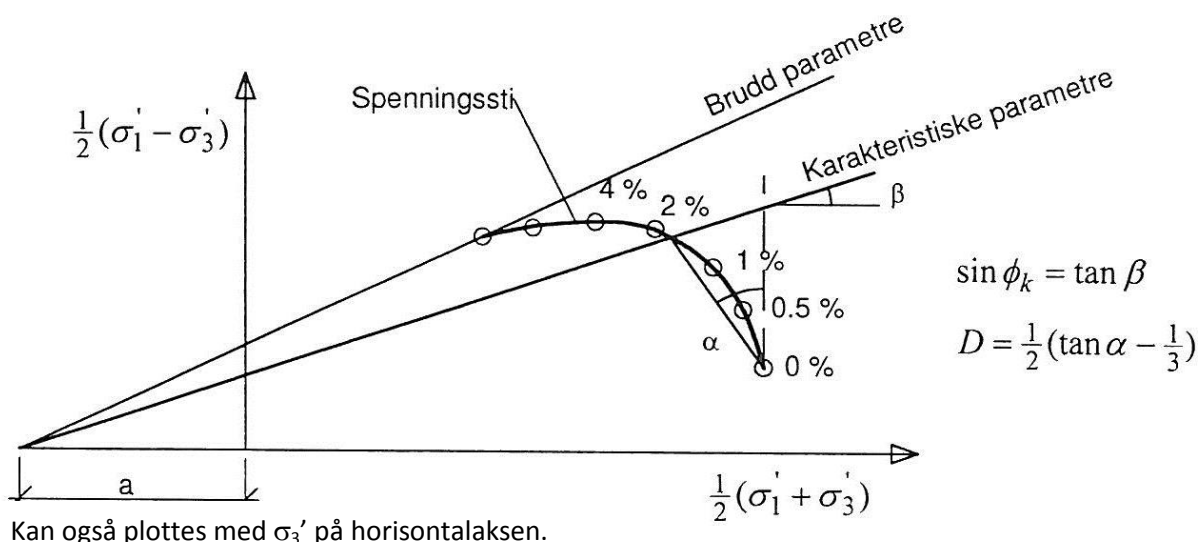
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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 poretrykksparementene 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_{ukr} , 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 poretrykksmåling (CPTU) (c_{ucptu}) eller vingebor (c_{uvr} , 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

**Oversikt over metodestandarder –
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