

# Rapport

Oppdragsgiver: **COWI AS**

Oppdrag: **Andås boligfelt, Vefsn kommune**

Emne: **Geotekniske grunnundersøkelser  
Datarapport**

Dato: **6. november 2012**

Rev. - Dato

Oppdrag- / Rapportnr. **415534 - RIG - RAP - 001 REV 00**

Oppdragsleder: **Roger Kristoffersen**

Sign.: 

Saksbehandler: **Martin Holst**

Sign.: 

Kontaktperson  
hos Oppdragsgiver: **Arnold Hattrem**

## Sammendrag:

Vefsn kommune har engasjert COWI AS for å prosjektere vei, vann og avløp i forbindelse med planlagt utbygging av 2. etappe av Andås boligfelt. I prosjekteringen inngår også en geoteknisk undersøkelse av området og COWI AS har engasjert Multiconsult AS for å foreta denne undersøkelsen.

De geotekniske undersøkelsene omfatter 17 borpunkt generelt fordelt i et område på ca 95 dekar:

- Dreietrykkssonderinger i 17 borpunkt til mellom 1.7 og 33.4 meters dybde
- Opptak og laboratorieanalyse av representative pose- og sylinderprøver (54mm) i 3 punkt til mellom 4 og 11 meters dybde.
- Hydraulisk piezometer i ett punkt i 5 meters dybde under terreng.

De utførte grunnundersøkelsene viser at løsmassene vest i området (i skråning fra sør mot nord) består av et topplag på mellom 1-4 meter bestående av silt og sand med enkelte planterester og leirelag. Videre i dybden er det silt med finsand til en dybde 3-7 meter under terreng. Under dette er det fin eller middels fin sand. Det er stor variasjon i dybde til berg, enkelte steder er det berg i dagen og på andre er sonderingene avsluttet uten at berg er påtruffet i en dybde på 30m under terreng.

De utførte grunnundersøkelsene viser at skråningen (fra øst mot vest) ned fra platå i øst består av et topplag på 1-5 meter med tørrskorpeleire med innslag av silt og sandlag. I tillegg er det påvist planterester i de øverste massene. Videre i dybden er det sand med stor sonderingsmotstand. Dybde til berg er ikke påvist, men varierer trolig mellom 3 og over 25 meters dybde.

På platå lengst mot øst indikerer sonderingene at massene består av et topplag av leire/silt til en dybde på 0,5-1m. Videre i dybden er det silt og leire til en dybde på 2-6 m under terreng. Under dette er det trolig finsand. Det er gjort grunne sonderinger som følge av stor sonderingsmotstand i denne delen av området.

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning .....	3
1.1	Kvalitetssikring og regelverk .....	3
2.	Grunnundersøkelser .....	4
2.1	Tidligere grunnundersøkelser .....	4
2.2	Nye grunnundersøkelser .....	4
2.2.1	Feltundersøkelser .....	4
2.2.2	Laboratorieundersøkelser .....	4
3.	Terreng- og grunnforhold .....	5
3.1	Topografi og terrengforhold .....	5
3.2	Grunnforhold .....	5
3.3	Grunnvann og poretrykksforhold .....	6
4.	Spesielle forhold .....	6
4.1	Seismisk grunntype .....	6
4.2	Områdestabilitet .....	6
5.	Geotekniske vurderinger .....	7
6.	Referanser .....	8

## Tegninger

415534-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-010	Geotekniske data, PR 2
	-011	Geotekniske data, PR 13
	-012	Geotekniske data, PR 18
	-060	Kornfordeling, PR 2
	-061	Kornfordeling, PR 18
	-100	Profil A-A
	-101	Profil B-B
	-102	Profil C-C
	-103	Profil D-D
	-104	Profil E-E
	-105	Resultat av dreietrykksondering i borpunkt 6, 11, 16 og 19

## Bilag

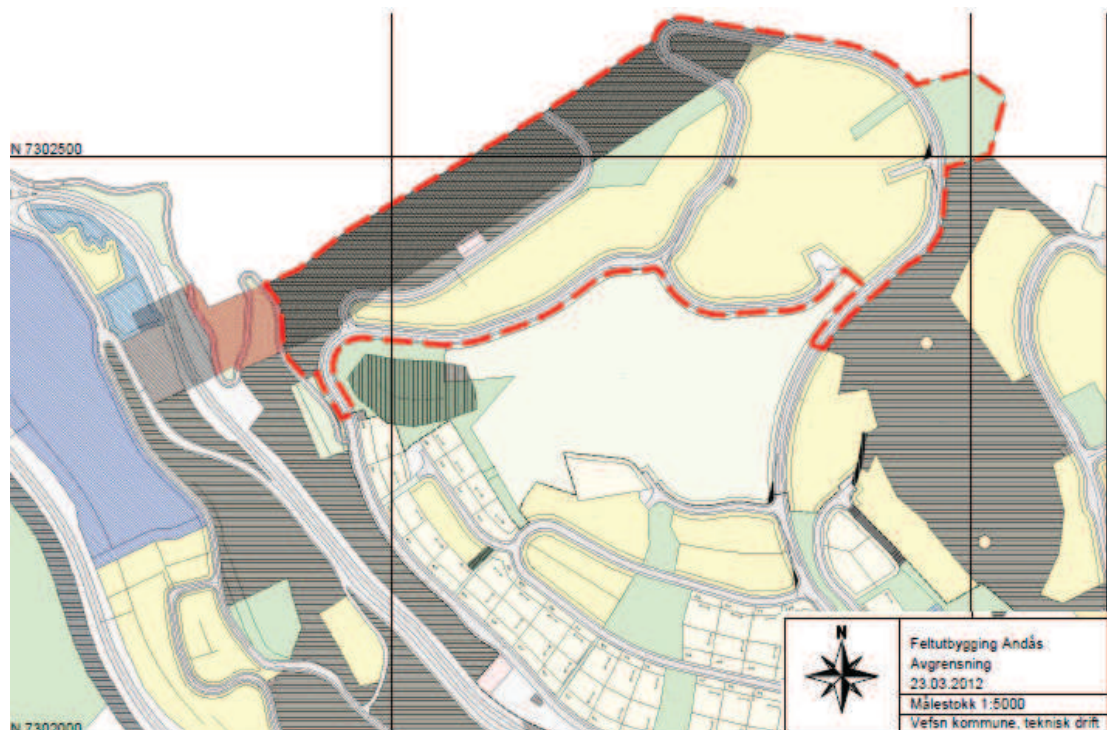
Geotekniske bilag:	Feltundersøkelser
Geotekniske bilag:	Laboratorieundersøkelser
Geotekniske bilag:	Oversikt over metodestandarder – felt og lab

## 1. Innledning

Vefsn kommune har engasjert COWI AS for å prosjektere vei, vann og avløp i forbindelse med planlagt utbygging av 2. etappe av Andås boligfelt. I prosjekteringen inngår også en geoteknisk undersøkelse av området og Cowi AS har engasjert Multiconsult AS for å foreta denne undersøkelsen [1].

Området ligger på Andås i Vefsn kommune sør-øst for Mosjøen sentrum, se oversiktskart, tegning 415565-RIG-TEG-000. Området består av flere tomter med gnr/bnr 106/5, 106/119, 106/142, 106/143 og 106/152. Figur 1-1 viser reguleringsområdet (begrenset av stiplede linje). Andås ligger ikke i en kvikkleiresone, men det er tidligere påvist kvikkleire i Remdalen ca 1 km lenger sør [2].

Det er nå utført grunnundersøkelser som skal gi grunnlag for regulering av området og for å kunne vurdere forhold knyttet til fundamentering.



Figur 1-1 Reguleringsområdet (innenfor stiplede linje) [1].

### 1.1 Kvalitetssikring og regelverk

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 [3]. Oppdraget er gjennomført i henhold til Eurokode 7 – Del 2 [4] og tilhørende tilgjengelige metodestandarder. Seismisk grunntype er klassifisert etter Eurokode 8 [5]. 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 geotekniske bilag for en oversikt over metodestandarder og retningslinjer.

## 2. Grunnundersøkelser

Plassering av borpunktene med høyde og boret dybde samt type boring er vist i borplanen, tegning 415534-RIG-TEG-001.

### 2.1 Tidligere grunnundersøkelser

Multiconsult AS har ikke tidligere gjort geotekniske undersøkelser i nærheten av området.

### 2.2 Nye grunnundersøkelser

De geotekniske undersøkelser ble utført i uke 35-36 i 2012. Undersøkelsene ble ledet av borledere Vidar Tøndervik og Bård Einar Krogstad. Boringene er utført med borerigg av typen Geotech 605.

#### 2.2.1 Feltundersøkelser

De geotekniske undersøkelsene omfatter 17 borpunkt (BP 2, 4, 6-9, 11, 13-19, 21, 22, 24), generelt fordelt i et område på ca 95 dekar:

- Dreietrykksonderinger i 17 borpunkt til mellom 1.7 og 33.4 meters dybde (BP 2, 4, 6-9, 11, 13-22 og 24)
- Opptak av representative pose- og sylinderprøver (54mm) i 3 punkt til mellom 4 og 11 meters dybde under terreng (BP 2, 13 og 18). Prøvene er analysert i Multiconsult AS sitt laboratorium i Trondheim.
- Hydraulisk piezometer i ett punkt (BP 18) i 5 meters dybde under terreng.

Vi gjør oppmerksom på at det i utgangspunktet var planlagt flere borpunkt (referert til som BP 1, 3, 5, 10, 12, 20 og 23), men det ble ikke boret i disse punktene. Årsaken til dette er at det ble funnet berg i dagen ved flere av disse punktene, samtidig var ikke alle punktene tilgjengelig med borerigg.

Dreietrykksonderingene og opptatte prøveserier er tegnet inn i profil A til E, 415534-RIG-TEG-100 til -104. I tillegg er sonderinger fra borpunkt 6, 11, 16 og 19, og som ikke er inkludert i noe profil, tegnet i 415534-RIG-TEG-105.

Kotehøyden ved borpunktene varierer mellom +52.0 og +110.5 og refererer til NN1954 (NGO-null). Borpunktene er utsatt og innmålt med DGPS-utstyr.

Det er i enkelte profil et betydelig avvik mellom innmålt høyde fra DGPS og terrenghøyde fra digitalt kartgrunnlag (eks. tegning 415534-RIG-TEG-102). Dette skyldes trolig at det er anlagt en ny vei i området som ikke er med i det digitale kartgrunnlaget. Borpunkt er plassert og innmålt oppå denne veien, noe som fører til et avvik.

Boringens utførelse og tilhørende resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag.

#### 2.2.2 Laboratorieundersøkelser

Det ble gjennomført rutinemessige analyser på alle opptatte prøver i vårt geotekniske laboratorium, i tillegg ble det utført kornfordeling (2 stk) og glødetap på utvalgte prøver.

Geotekniske data fra rutineundersøkelser er vist på henholdsvis tegning 415534-RIG-TEG-010 og -011, her er også resultat fra glødetap inkludert. Resultater fra kornfordeling er presentert i tegning 415534-RIG-TEG-060 og -061.

Laboratorieprosedyrer og tolkning av resultater er generelt beskrevet i geoteknisk bilag.



### 3. Terreng- og grunnforhold

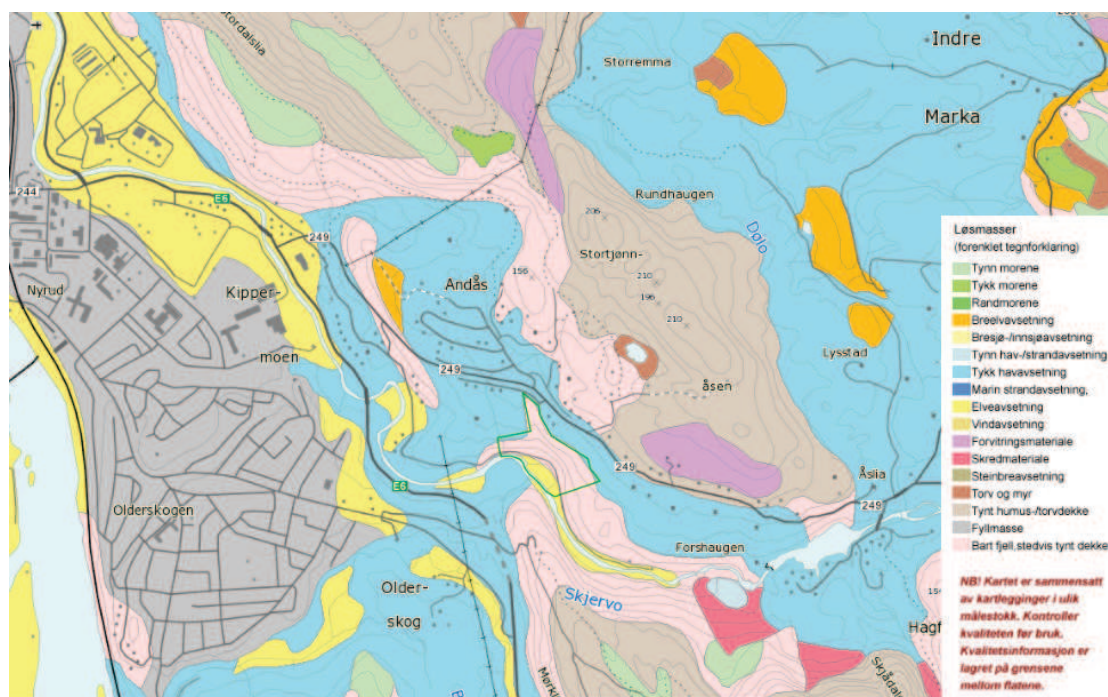
#### 3.1 Topografi og terrengforhold

Området består av opparbeidet mark, skog og myr. Det går et luftspenn gjennom området og i forbindelse med denne er det tidligere ryddet skog her. Det har blitt ryddet skog ifm våre grunnundersøkelser, dette for å sikre tilkomst til borpunkt med borerigg.

Området består av et platå i øst på kote +107 til +113. Fra dette platået er det en relativt bratt skråning, samt en ravine, fra øst mot vest til ca kote +84. I området vest for platå går skråningen fra sør mot nord, fara kote +70 til kote +50. Fra kote +84 fortsetter skråningen, med litt slakere skråningsvinkel mot nord-vest. I det bratteste partiet, i skråning fra platå, er høydeforskjellen ca 25m over en distanse på ca 70 m, dette gir en omtrentlig helning på 1:2.8.

#### 3.2 Grunnforhold

Basert på kvartærgeologisk kart og våre grunnundersøkelser i det aktuelle utbyggingsområdet gis en kortfattet sammenstilling i dette kapittelet.



Figur 3-1 Kvartærgeologisk kart [6]

Kvartærgeologisk kart indikerer at massene i området består av breelvavsetning i vest og tykk havavsetning. I utkanten av området i nord og vest er det stedvis bart berg og tynt dekke.

De utførte grunnundersøkelsene viser at løsmassene vest i området (i skråning fra sør mot nord) består av et topplag på mellom 1-4 meter bestående av silt og sand med enkelte planterester og leirelag. Videre i dybden er det silt med finsand til en dybde 3-7 meter under terreng. Under dette er det fin eller middels fin sand. Det er stor variasjon i dybde til berg, enkelte steder er det berg i dagen og på andre er sonderingene avsluttet uten at berg er påtruffet i en dybde på 30m under terreng.

De utførte grunnundersøkelsene viser at skråningen (fra øst mot vest) ned fra platå i øst består av et topplag på 1-5 meter med tørrskorpeleire med innslag av silt og sandlag. I tillegg er det påvist planterester i de øverste massene. Videre i dybden er det sand med stor

sonderingsmotstand. Dybde til berg er ikke påvist, men varierer trolig mellom 3 og over 25 meters dybde.

På platå lengst mot øst indikerer sonderingene at massene består av et topplag av leire/silt til en dybde på 0,5-1m. Videre i dybden er det silt og leire til en dybde på 2-6 m under terreng. Under dette er det trolig finsand. Det er gjort grunne sonderinger som følge av stor sonderingsmotstand i denne delen av området.

### 3.3 Grunnvann og poretrykksforhold

Poretrykksmåler ble avlest i uke 36. Det ble på dette tidspunkt ikke registrert vann og grunnvann antas derfor å ligge dypere enn 5m under terreng.

Det går flere bekkefar gjennom området, men på tidspunktet for våre undersøkelser var disse tørre.

## 4. Spesielle forhold

### 4.1 Seismisk grunntype

I henhold til Eurokode 8 [5] skal grunntype for jordskjelvvurderinger angis.

I henhold til Eurokode 8, Nasjonalt tillegg, Tabell NA.3.1. – Grunntyper, klassifiseres massene til grunntype D.

### 4.2 Områdestabilitet

Det er ikke påvist sprøbruddsmateriale (kvikkleire) i området. Områdestabiliteten vurderes å være tilfredsstillende.

## 5. Geotekniske vurderinger

Det er generelt god bæreevne i området. Basert på sonderinger og prøver er det derfor fullt mulig å bygge ut området for boligformål.

De planlagte vegene i området kan bygges omtrent som de opprinnelige er forutsatt (illustrert i borplan, tegning 415544-RIG-TEG-001). Mellom borpunkt 14 og 4 går imidlertid vegen stedvis i bratt sideterreng. Det kan derfor bli behov for store terrenginngrep for å få etablert en sikker vei her.

Grunnforholdene på området er variert og utformingen og plassering av byggene er ikke endelig bestemt. På bakgrunn av dette kan vi ikke komme med en konkret anbefaling av fundamenteringsmetode.

Dersom byggene direktefundamenteres i original mineralsk grunn må eventuelle organiske masser fjernes under fundamenter og gulv på grunn. Dette for å redusere risikoen for setninger som følge av opprætning av humus i disse massene. Dette vil trolig være spesielt aktuelt i nord-vest, i området ved borpunkt 2 og 7, hvor det er myr.

Det er relativt bratte skråninger i området. Bygninger som plasseres tett opptil bratte skråninger bør detaljprosjekteres. Det anbefales generelt at bygninger i disse områdene er balansert fundamentert for ikke å forverre den lokale stabiliteten.

Under alle gulv på grunn legges et kapillærbrytende lag av pukk og det foreslås benyttet fiberduk overalt innenfor byggelinjen der det skal legges pukk over original grunn.

Massene byggene vil fundamenteres i består i hovedsak av sand og silt. Generelt er massene telefarlige og må frostsikres under kalde rom og konstruksjoner. Massene må også frostsikres under byggeperioden.

Disse massene (sand og silt) er ømfintlige for vann. Da bekkedar i området var tørre på tidspunktet for våre undersøkelser, er konsekvensen av stor vannføring i disse ikke kjent. Det vil trolig være viktig med god erosjonssikring av bekkene for å unngå erosjon opp mot boliger og veier.

## 6. Referanser

- [1] COWI AS (2012) v/ Arnold Hattrem. ANG. TILBUD PÅ GEOTEKNISK UNDERSØKELSE (e-post). 16.04.2012.
- [2] Skrednett (2012) [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no), 18.10.2012.
- [3] NS-EN ISO 9001:2008. Systemer for kvalitetssikring. Krav (ISO 9001:2008). November 2008.
- [4] Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.
- [5] Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1. Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger. NS-EN 1998-1:2004+NA2008.
- [6] NGU (2012) Kvartærgeologisk kart fra [www.ngu.no](http://www.ngu.no) Hentet 22.10.2012



## Arkivreferanser:

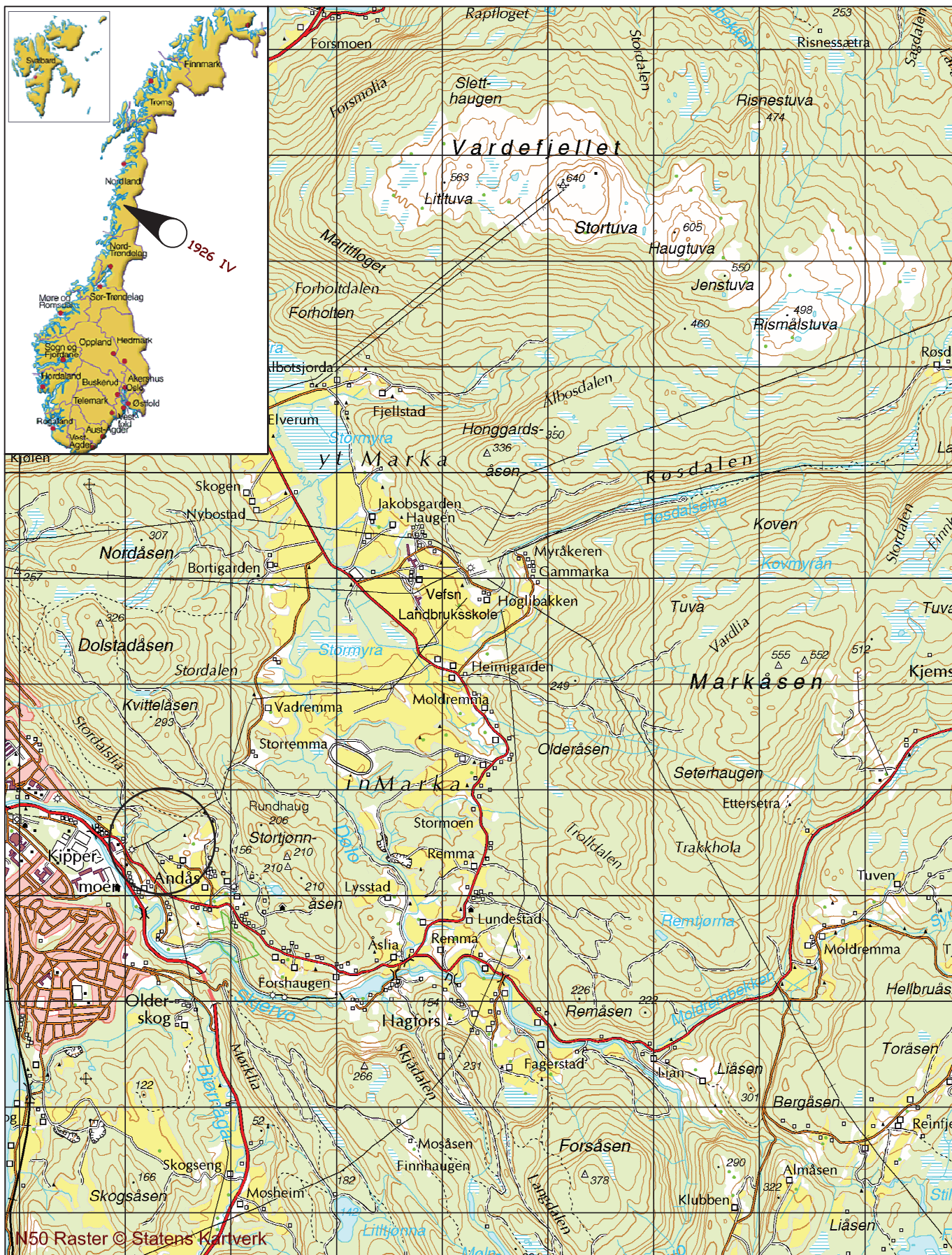
Fagområde:	Geoteknikk		
Stikkord:	Grunnundersøkelser, prøvetaking, 54mm, skovling, dreietrykksondering		
Land/Fylke:	Norge/Nordland	Kartblad:	1826/945
Kommune:	Vefsn	UTM koordinater, Sone:	33
Sted:	Andås	Øst: 4195	Nord: 73025

## Distribusjon:

- ☒ Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
☐ Intern  
☐ Fri

## Dokumentkontroll:

		Dokument 6. november 2012		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	24.10.12	MartH						
	Kontrollert	6/11-12	RK						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	24.10.12	MartH						
	Kontrollert	6/11-12	RK						
Teknisk innhold	Utarbeidet	24.10.12	MartH						
	Kontrollert	6/11-12	RK						
Format	Utarbeidet	24.10.12	MartH						
	Kontrollert	6/11-12	RK						
Anmerkninger									
Godkjent for utsendelse (Oppdragsansvarlig)				Dato: 6/11-12		Sign.: Signe G. Hovem			



# OVERSIKTSKART

Cowi AS  
Andås boligfelt

MULTICONSULT AS

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

Dato  
24.10.2012

Oppdragsnr.  
415534

Tegnet  
Marth

Tegningsnr.

RIG-TEG-000

Kontrollert  
RK

Rev.

Godkjent  
SGH

Rev.  
00

Borplan nr.  
RIG-TEG-001

Målestokk  
1:50 000







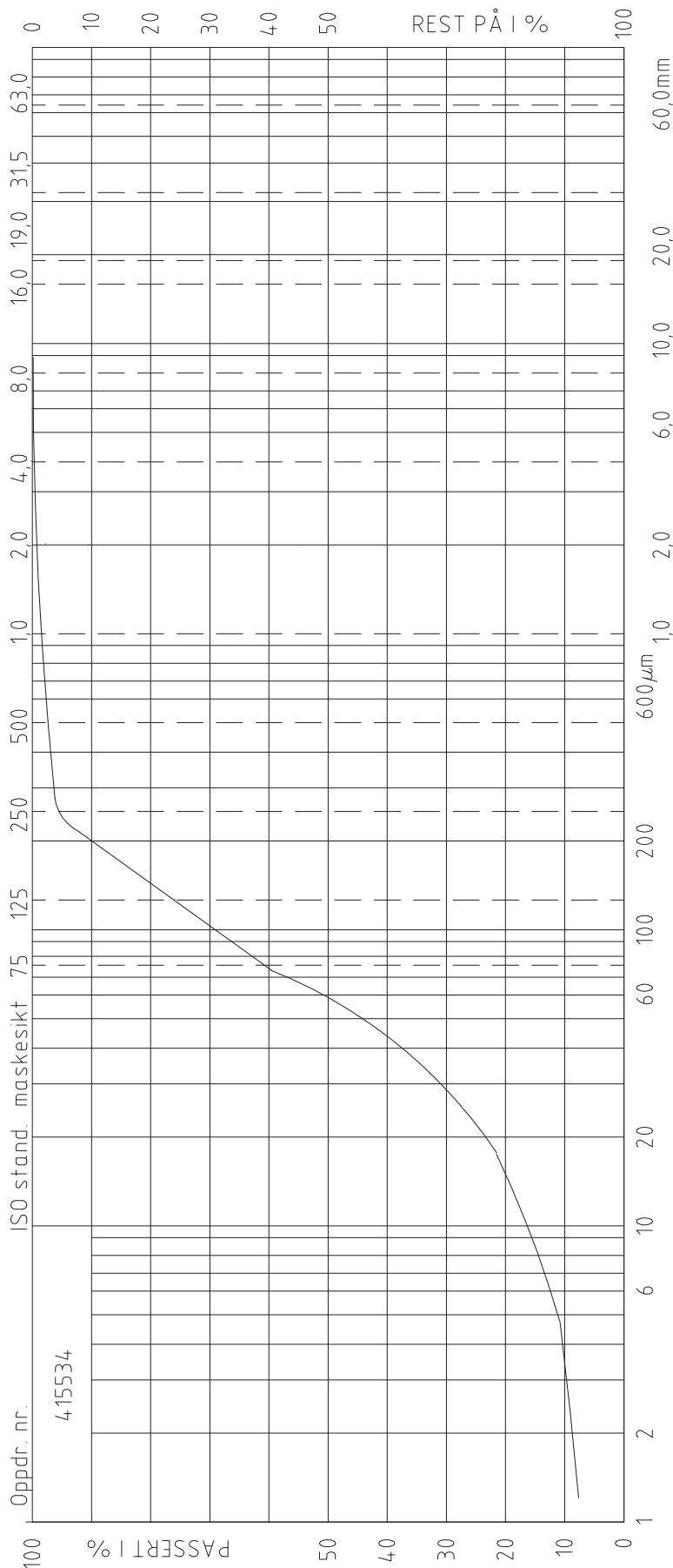








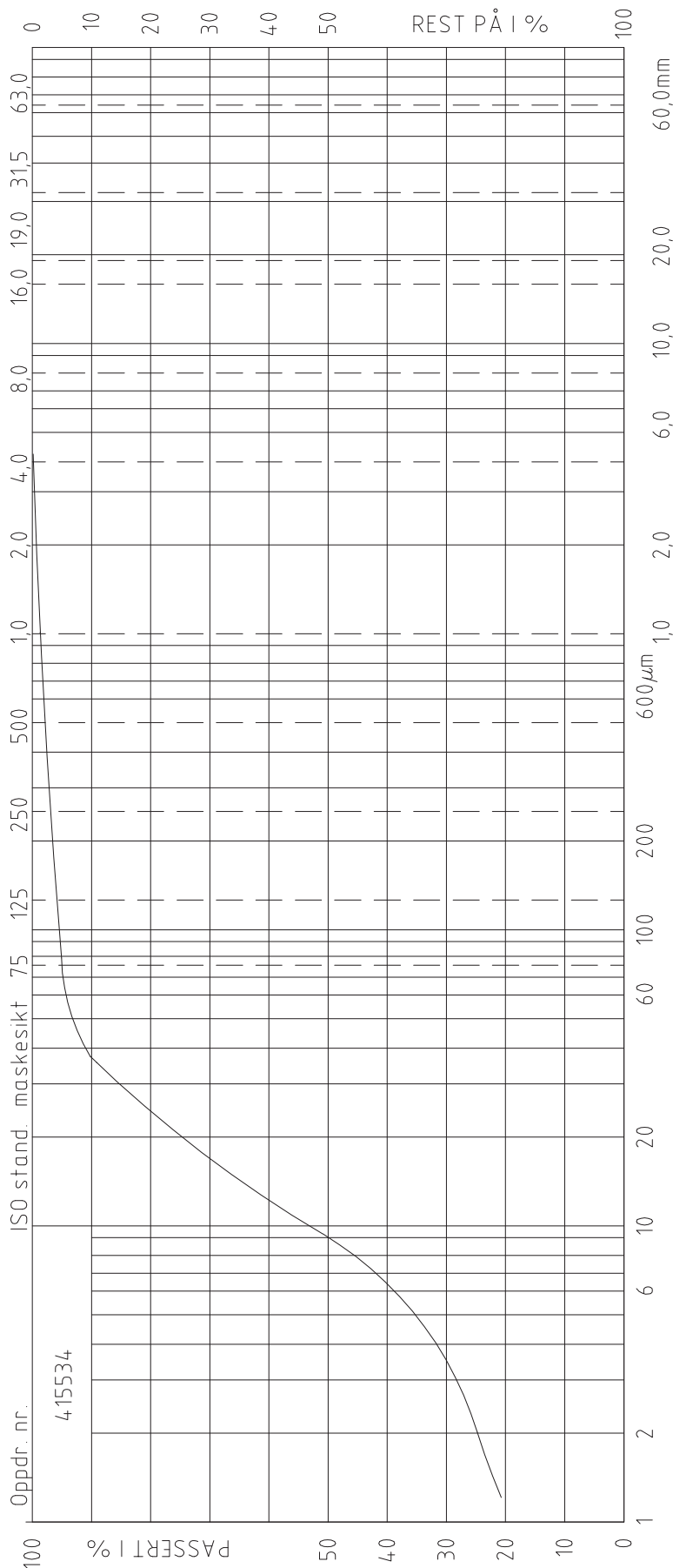
LEIR	SILT			SAND			GRUS			STEIN
	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	STEIN



Symb.	PR. serie nr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode		
					Tørresikt	Hydr. F. Drop	Våt + Tørr Sikt
	2	2-3m	SILT T, leirig, finsandig			X	X

KORNGRADERING				Boring nr. 2	
Cowi AS Andås boligfelt				Borplan nr. RIG-TEG-001	
				Boret dato: 30.08.2012	
MULTICONSULT AS  7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 – Fax: 73 10 62 30/70	Dato 21.10.2012	Konstr./Tegnet kjt	Kontrollert RK	Godkjent SGH	
	Oppdragsnr. 415534	Tegningsnr. RIG-TEG-60	Rev. 00		

LEIR	SILT			SAND			GRUS			STEIN
	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	FIN	MIDDELS	GROV	



Symb.	PR. serie nr	Dybde	Jordartsbetegnelse	Anmerkning	Metode		
					Tørssikt	Hydr. F.Drop	Våt + Tørre Sikt
	18	0,5-2m	LEIRE, siltig			X	

## KORNGRADERING

Cowi AS  
Andås boligfelt

**MULTICONSULT AS**

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

Dato 21.10.2012

Oppdragsnr. 415534

Konstr./Tegnet  
kjt

Tegningsnr. RIG-TEG-61

Boring nr.  
18

Borplan nr.  
RIG TEG-001

Boret dato:  
30.08.2012

Kontrollert  
RK

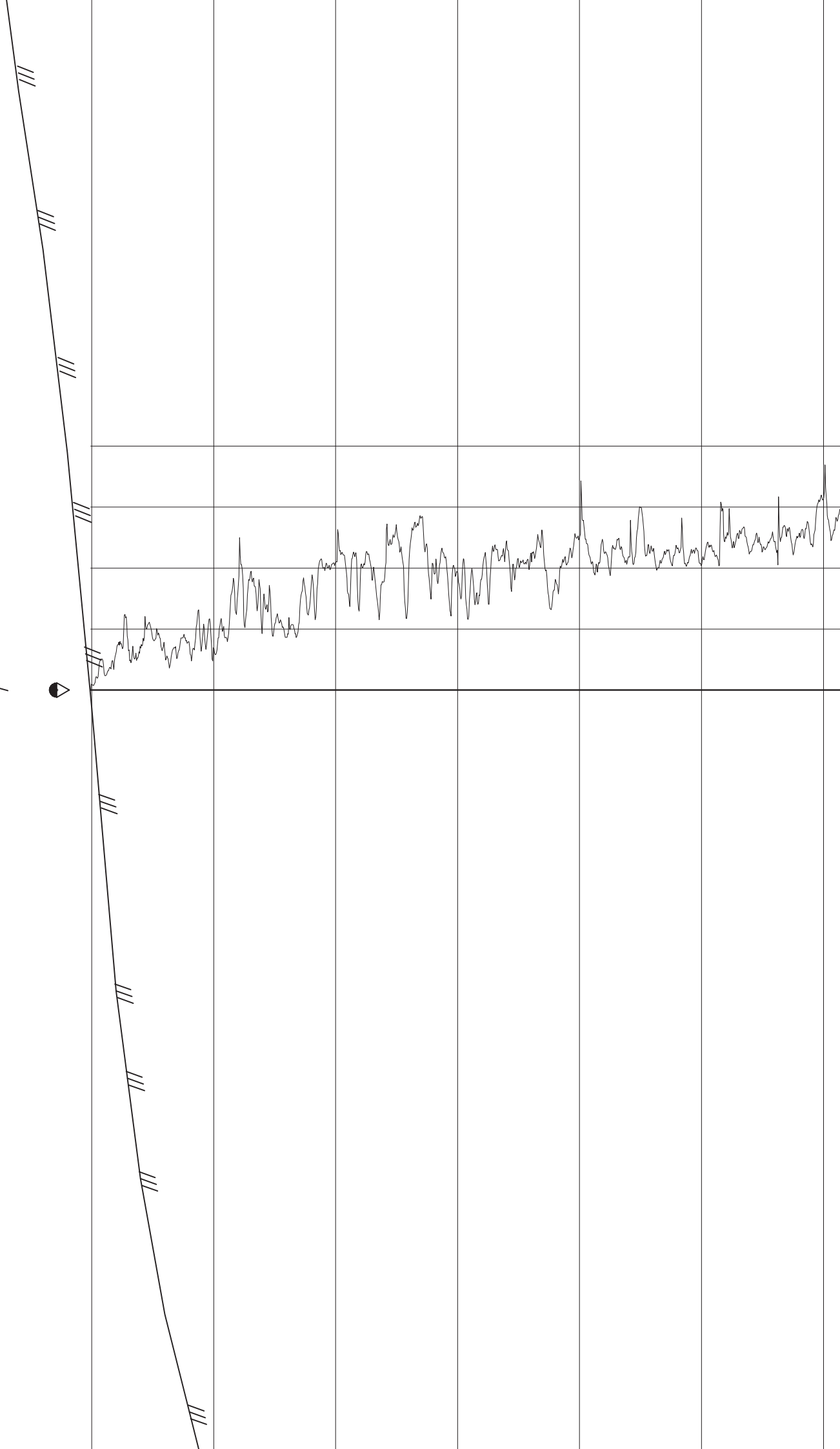


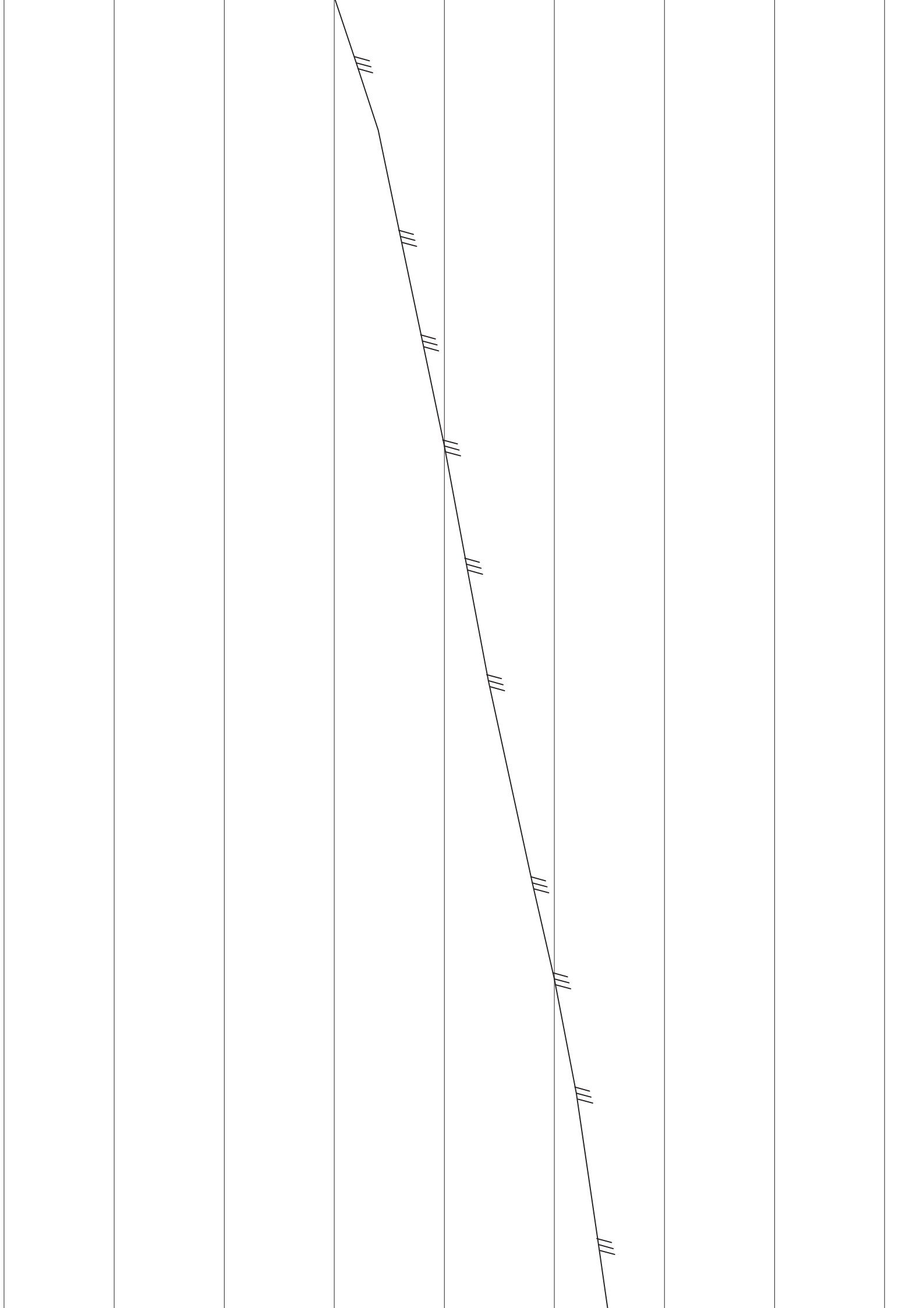
Godkjent  
SGH

Rev. 00

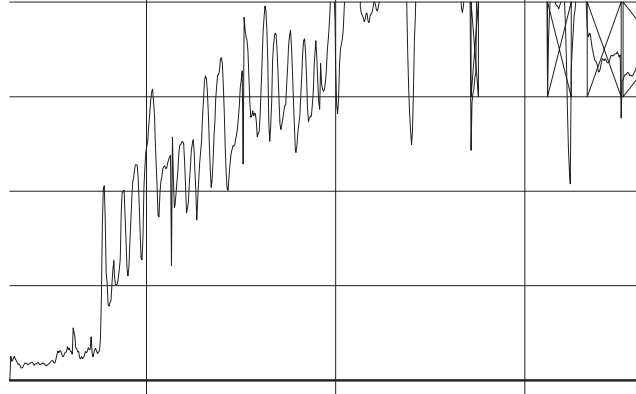


7



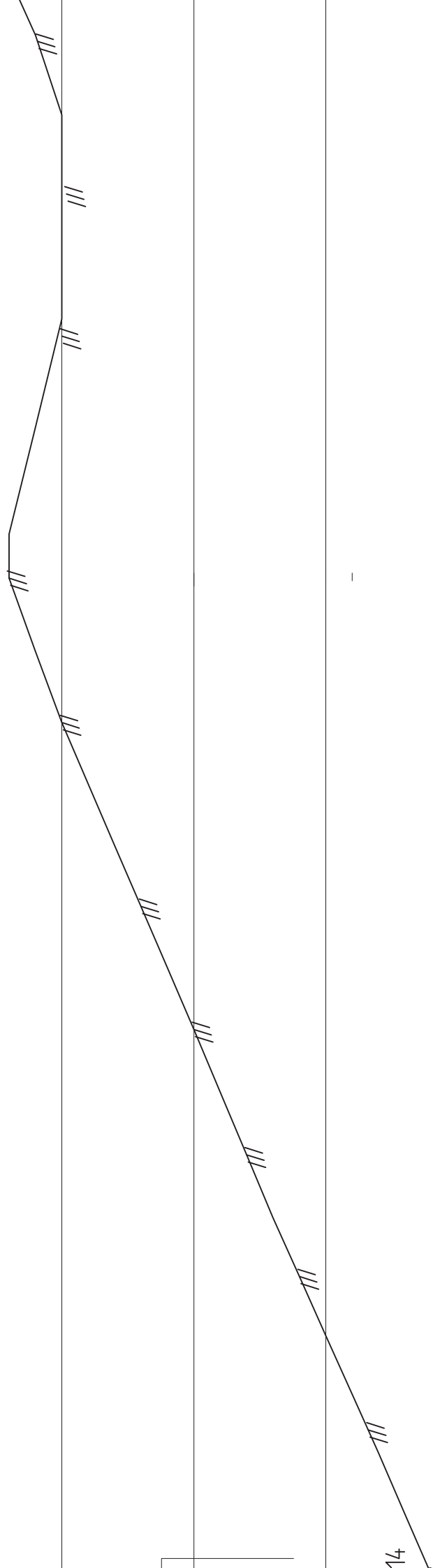


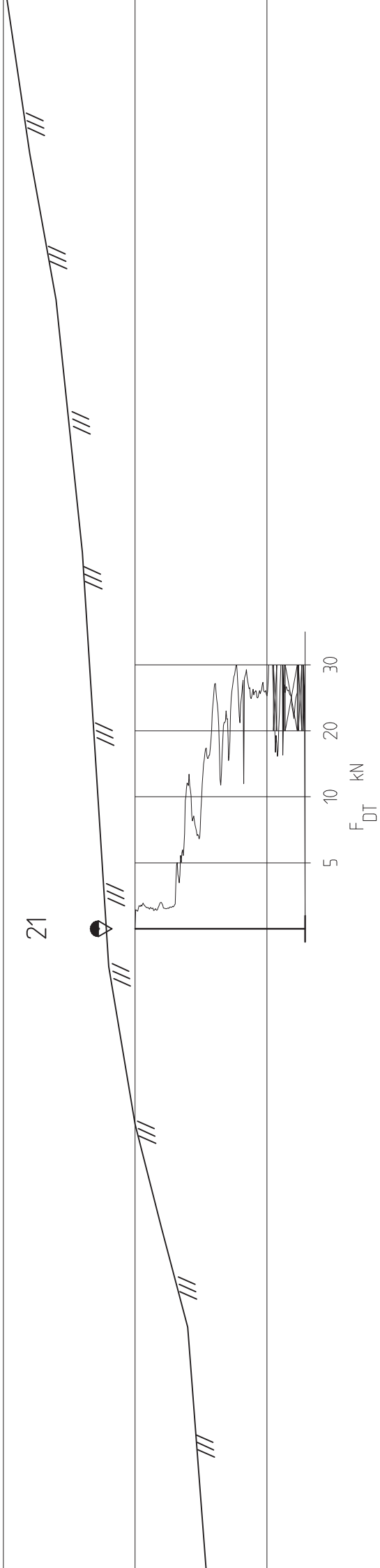
+70



14

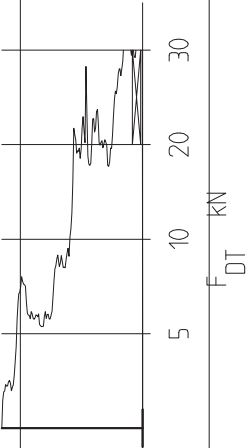
-



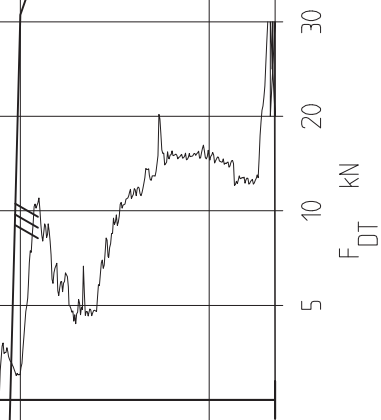




4



9



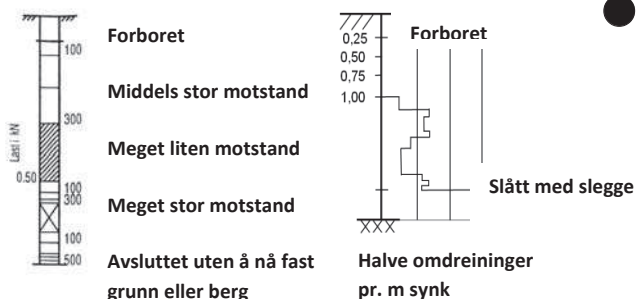
Rev.	Beskrivelse
0	COWI AS
Te 41	Andås, Mosjøen
Ur 41	Andås boligfelt



# **Bilag**



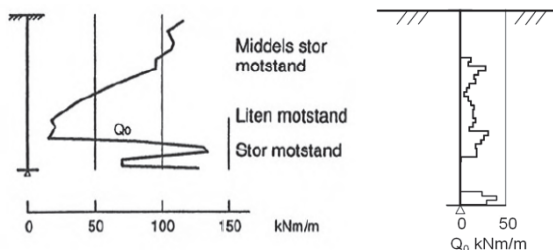
**Sonderinger** utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



### 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 vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.

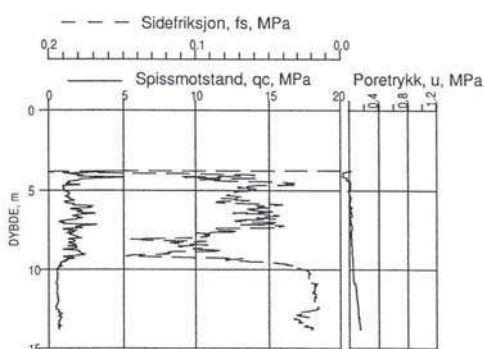


### RAMSONDERING (NS-EN ISO 22476-2)

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.

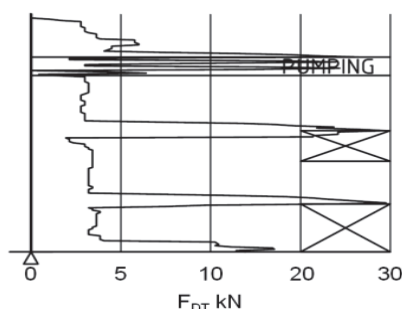
$Q_0$  = loddets tyngde \* fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



### 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).

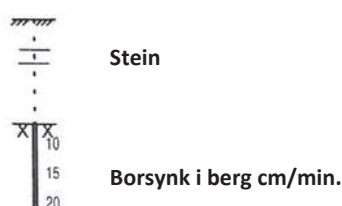


### DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

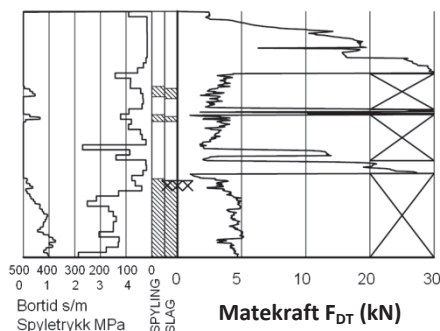
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften  $F_{DT}$  (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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



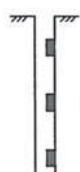
### BERGKONTROLLBORING

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 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 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 en 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.

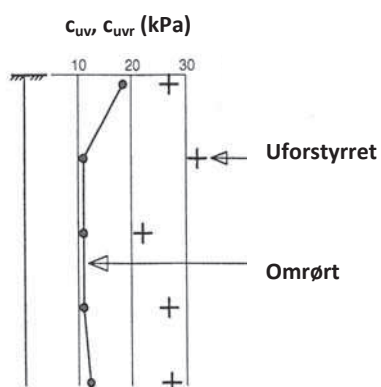


Prøvemarkering

### PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

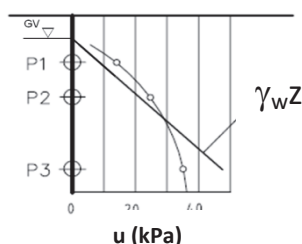
Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylindren kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På 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  $65 \times 130$  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.

### 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
<b>Torv</b>	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.
<b>Gytje og dy</b>	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler.
<b>Humus</b>	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold.
<b>Mold og matjord</b>	Sterkt omvandlet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget.

### SKJÆRFASTHET

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

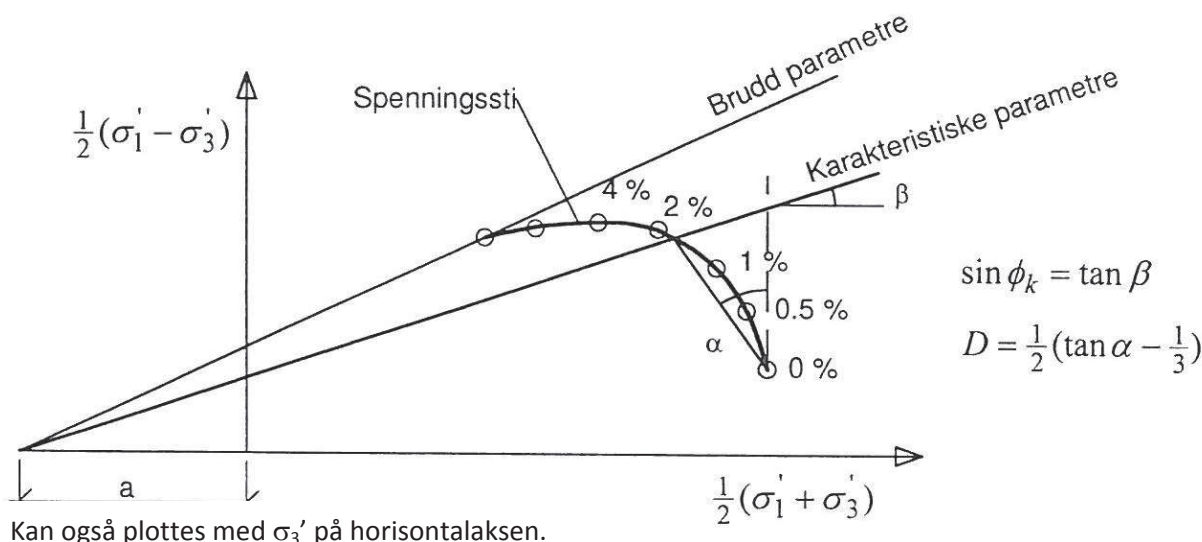
#### Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre $a$ , $c$ , $\phi$ ( $\tan\phi$ ) (kPa, kPa, °, (-))

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 ( $c_{u1}$ ) (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 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.



### 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)

<b>Densitet</b> ( $\rho$ , g/cm <sup>3</sup> )	Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.
<b>Korndensitet</b> ( $\rho_s$ , g/cm <sup>3</sup> )	Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff
<b>Tørr densitet</b> ( $\rho_d$ , g/cm <sup>3</sup> )	Masse av tørt stoff pr. volumenhet

### TYNGDETETHETER

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

### PORETALL OG PORØSITET (NS 8014)

<b>Poretall e</b> (-)	Volum av porer dividert med volum fast stoff ( $e = n/(100-n)$ ) der n er porøsitet (%)
<b>Porøsitet n</b> (%)	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. Sammenhørende verdier for last og deformasjon (tøyning  $\epsilon$ ) registreres, og materialets deformasjonsmodul (stivhet) kan beregnes som  $M = \Delta\sigma'/\Delta\epsilon$ . Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen  $\sigma'$ . 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, $\sigma' < \sigma'_c$ ( $\sigma'_c$ = 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 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  $\rho_r$  som funksjon av innbyggingsvanninnhold  $w_i$ . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås ( $\rho_{dmax}$ ) 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.

**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:

<b>NGF Veiledninger</b> <b>Norske standarder NS</b>	<b>Tema</b>
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:

<b>Norske standarder NS</b>	<b>Tema</b>
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