
RAPPORT

Oreid område 1, Halden

OPPDRAKSGIVER

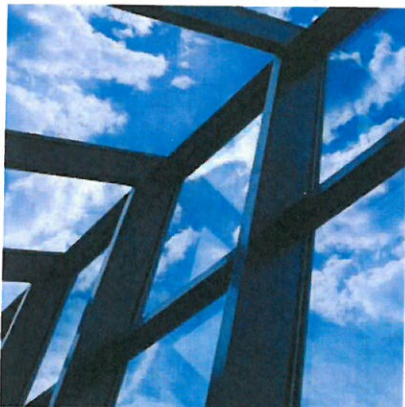
Lerah AS

EMNE

Datarapport grunnundersøkelser

DATO / REVISJON: 17. februar 2017 / 00

DOKUMENTKODE: 418387-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

| | | | |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|
| OPDRAG | Oreid område 1, Halden | DOKUMENTKODE | 418387-RIG-RAP-001 |
| EMNE | Datarapport grunnundersøkelser | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPDRAGSGIVER | Lerah AS | OPDRAGSLEDER | Arne Vik |
| KONTAKTPERSON | Kolbjørn O. Selmer | UTARBEIDET AV | Ann Kristin Selmer |
| KOORDINATER | SONE: UTM32 ØST: 63920 NORD: 655535 | ANSVARLIG ENHET | 3012 Multiconsult ASA |
| GNR./BNR./SNR. | 250 / - / - / Halden | | |

SAMMENDRAG

Lerah AS ønsker å bygge boliger ved Oreid i Halden kommune. Bygningsmassen i området i nord vil i hovedsak bestå av enmannsboliger, to-, fire- og seksmannsboliger. I området i sør planlegges det leilighetsbygg med parkeringskjeller.

Halden kommune har etterspurt grunnundersøkelser ved boligområdet i sør. Grunnundersøkelsene skal avdekke om det er forekomster av kvikkleire i området. Multiconsult ASA er engasjert til å utføre grunnundersøkelser i området med tanke på påvisning av kvikkleire.

Det er utført 1 dreietrykksondering, 3 totalsonderinger og tatt opp representative skovlprøver i 1 borpunkt.

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene i området består av faste lagrede løsmasser av siltig og grusig sand. Løsmassene er lagdelte. Det er påtruffet berg i 2 borpunkter i dybder ca. 3 og 12 m under terreng.

I følge skrednett.no er det ingen kartlagte forekomster av kvikkleiresoner i nærheten av Oreid. Der er heller ikke ved utførte grunnundersøkelser påtruffet kvikkleire/sprøbruddmateriale.

| | | | | | |
|------|------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 00 | 17.02.2017 | Datarapport grunnundersøkelser | <i>AKS</i> Ann Kristin Selmer | <i>AV</i> Arne Vik | <i>AV</i> Arne Vik |
| REV. | DATO | BESKRIVELSE | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Innledning | 5 |
| 1.1 | Bakgrunn..... | 5 |
| 1.2 | Myndighetskrav | 6 |
| 2 | Grunnundersøkelser | 7 |
| 2.1 | Tidligere utførte grunnundersøkelser..... | 7 |
| 2.2 | Nye grunnundersøkelser..... | 7 |
| 2.3 | Laboratorieundersøkelser..... | 7 |
| 3 | Topografi og grunnforhold..... | 8 |
| 3.1 | Generelt..... | 8 |
| 3.2 | Løsmasser | 8 |
| 4 | Referanser | 10 |

TEGNINGER

| | | |
|-----------------|------|------------------------|
| 418387-RIG-TEG- | -000 | Oversiktskart |
| | -001 | Borplan |
| | -010 | Geotekniske data PR. 1 |
| | -100 | Profil A-A |
| | -101 | Profil B-B |

GEOTEKNISKE BILAG

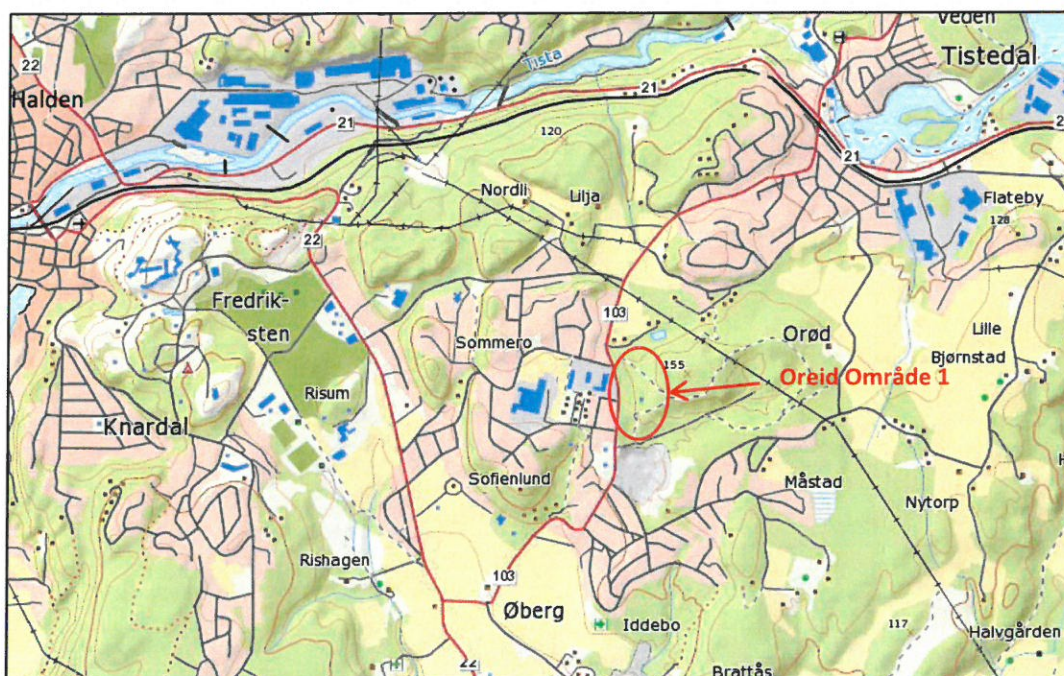
1. Geotekniske bilag: Feltundersøkelser
2. Geotekniske bilag: Laboratorieundersøkelser
3. Geotekniske bilag: Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

1 Innledning

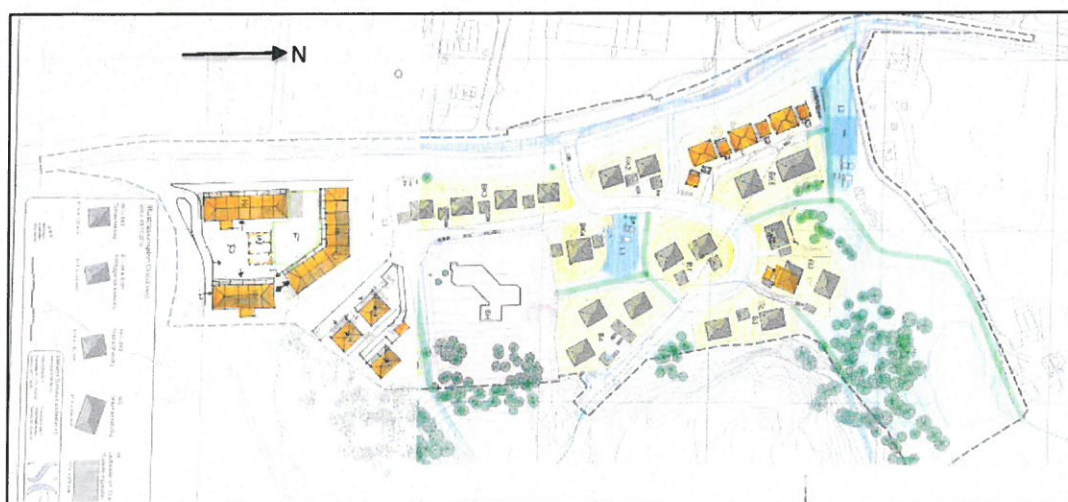
1.1 Bakgrunn

Lerah AS ønsker å bygge boliger ved Oreid i Halden kommune. Beliggenhet av tomta er vist i figur 1-1, og skisse over planlagt utbygging er vist i figur 1-2. I det nordlige området vil bygningsmassen vil bestå av enmannsboliger, to-, fire- og seksmannsboliger. I området i sør planlegges det leilighetsbygg med parkeringskjeller.

I utbyggingsfeltet er det en barnehage som ble ferdigstilt og tatt i bruk januar i 2016. Videre er det ferdigstilt og bebodd en firemannsbolig i det nordlige boligområdet.



Figur 1-1 Oversiktskart med beliggenhet av aktuell tomte (Kilde: www.norgeskart.no)



Figur 1-2 Situasjonsplan med planlagt bebyggelse

Halden kommune har etterspurt grunnundersøkelser ved boligområdet i sør. Grunnundersøkelsene skal avdekke om det er forekomster av kvikkleire i området. Multiconsult ASA er engasjert til å utføre grunnundersøkelser i området med tanke på påvisning av kvikkleire.

Foreliggende rapport beskriver utførelse og presenterer resultatene fra utførte grunnundersøkelser. Videre gis en kort oppsummering av grunnforholdene i området.

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

2 Grunnundersøkelser

2.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser ca. 200 m nord for planområdet, viser til rapport nr. G-not-001 Grinda bostadsområde i Halden, Halden kommune [4]. Grunnundersøkelsene ble utført i et område som var klassifisert med marin strandavsetning. Ved grunnundersøkelsene ble det påtruffet leire med sprøbruddegenskaper.

2.2 Nye grunnundersøkelser

Feltundersøkelsene er utført av Multiconsult under ledelse av Ole Gulbrandsen, grunnundersøkelsene omfattet:

- 1 dreietrykksondering
- 3 totalsonderinger
- 1 prøveserie med opptak av representative skovlprøver

Det ble ved grunnundersøkelsene først benyttet dreietrykksondering i BP. 3. Pga. stor sonderingsmotstand ble sonderingen avsluttet etter ca. 1 m dybde. Deretter ble det benyttet totalsonderinger i alle 3 borpunkt.

Borpunktene plassering ble oppmålt av Multiconsult og senere innmålt med sanntids GPS med nøyaktighet 1 – 2 cm i horisontalplanet og 4 – 5 cm i vertikalplanet. Alle høydekoter refererer til vertikaldatum - NN2000.

Boringens terminologi og utførelse er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2, mens en oversikt over metodestandarder er gitt i geoteknisk bilag 3.

Plassering av borpunkt er vist på borplanen, tegning nr. 418387-RIG-TEG-001, og sonderingene er opptegnet i profil på tegning nr. -100 og -101.

2.3 Laboratorieundersøkelser

De opptatte prøvene er analysert med tanke på klassifisering og identifisering av jordartene. Ved denne undersøkelsen er prøvene geoteknisk klassifisert og beskrevet med måling av vanninnhold.

Resultater fra laboratorieundersøkelser er presentert i geotekniske data i tegningene nr. 418387-RIG-TEG-010.

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

3 Topografi og grunnforhold

3.1 Generelt

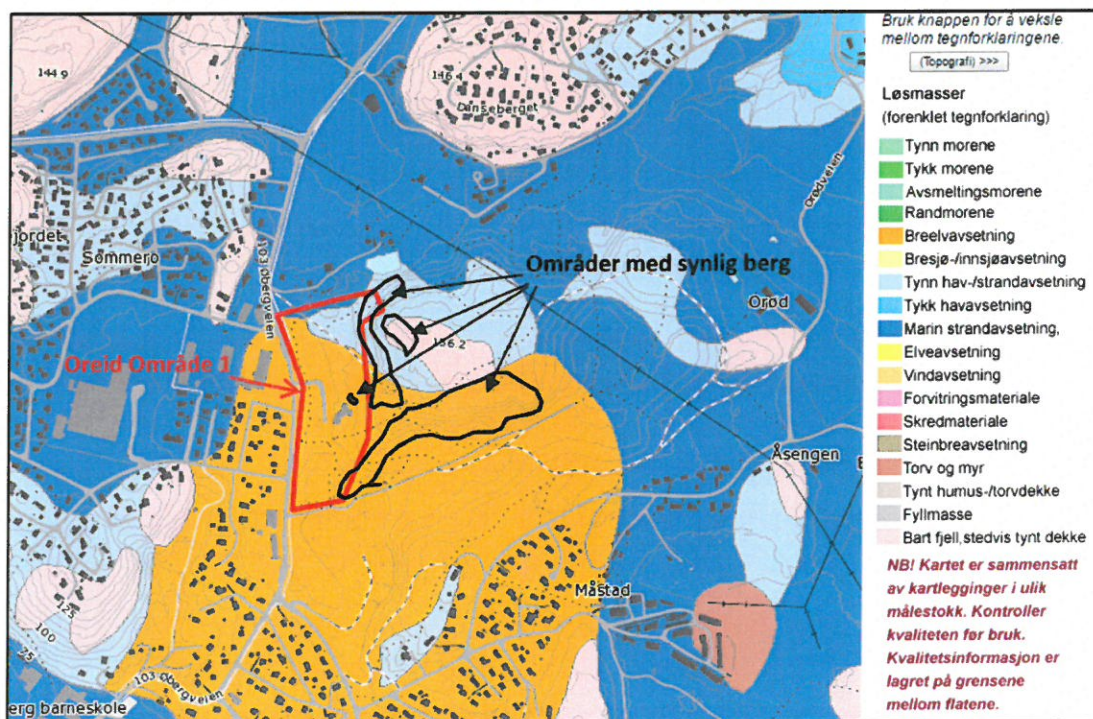
Aktuelt utbyggingsområde på Oreid ligger ved rv. 103 Øbergveien mellom Tistedal og Øberg. Området har tidligere vært benyttet som et grusuttak og består av både av områder med bart berg og av løsmasser.

Planområdet består i hovedsak av slakt skrånende terreng med koter mellom ca. +125 til ca. +117 og terrenget faller av mot vest. Øst i planområdet er gjennomsnittlig terrenghelning ca. 1:5 mens det i vest flater ut og ligger med en gjennomsnittlig terrenghelning på ca. 1:20.

Sør i planområdet, hvor det tidligere har vært uttak av grusmasser, ligger terrenget med en mindre forsenkning. Her ligger terrenget mellom ca. kote +115 og +106. Gjennomsnittlig terrenghelning lokalt i skråningen er ca. 1:4.

3.2 Løsmasser

I følge kvartærgeologisk kart består løsmassene i området i hovedsak av breelavsetninger. Breelavsetninger består i hovedsak av løsmasser bestående av kornstørrelse fin sand til stein og blokk med varierende mektighet.



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

Multiconsult AS har for reguleringsplanfasen for Oreid utarbeidet et notat for tiltaket, viser til notat nr. 511413-RIG-01 [5]. I den forbindelse er det utført en befaring til området både 21.01.2010 og 03.08.2010. Ved befaring ble det kartlagt bart berg ved flere områder. Videre ble det observert flere områder med løsmasser av blokk størrelse innenfor planområdet. En oversikt over områder med kartlagt bart berg er presentert i figur 2-1.

Utførte grunnundersøkelser viser at løsmassemektigheten i området i nord er liten og øker på sørover. Sonderingen i BP. 1 og BP. 3 er avsluttet i berg i dybder henholdsvis ca. 3 m og 12 m under terreng. Sonderingen i BP. 2 er avsluttet i faste masser i ca. 20 m dybde.

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene i området består av faste lagrede løsmasser av siltig og grusig sand. Løsmassene er lagdelte.

I følge skrednett.no er det ingen kartlagte forekomster av kvikkleiresoner i nærheten av Oreid. Det er heller ikke ved utførte grunnundersøkelser påtruffet kvikkleire/sprøbruddmateriale.

4 Referanser

- [1] Standard Norge (2008). NS-EN ISO 9001:2008. Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2008). November 2008.
- [2] Standard Norge (2016). Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler. NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016.
- [3] Standard Norge (2008). Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver. NS-EN 1997-2:2007+NA2008.
- [4] Inhouse Tech Geoteknikk AB (2014), rapport nr. 14.215 Vurdering av fundamentering for bostadsområde I Halden, Halden kommune, Norge.
- [5] Multiconsult AS, (2011), Notat nr. 511413-RIG-01, Reguleringsplan på Oreid, Halden, Grunnforhold og geoteknisk vurdering.

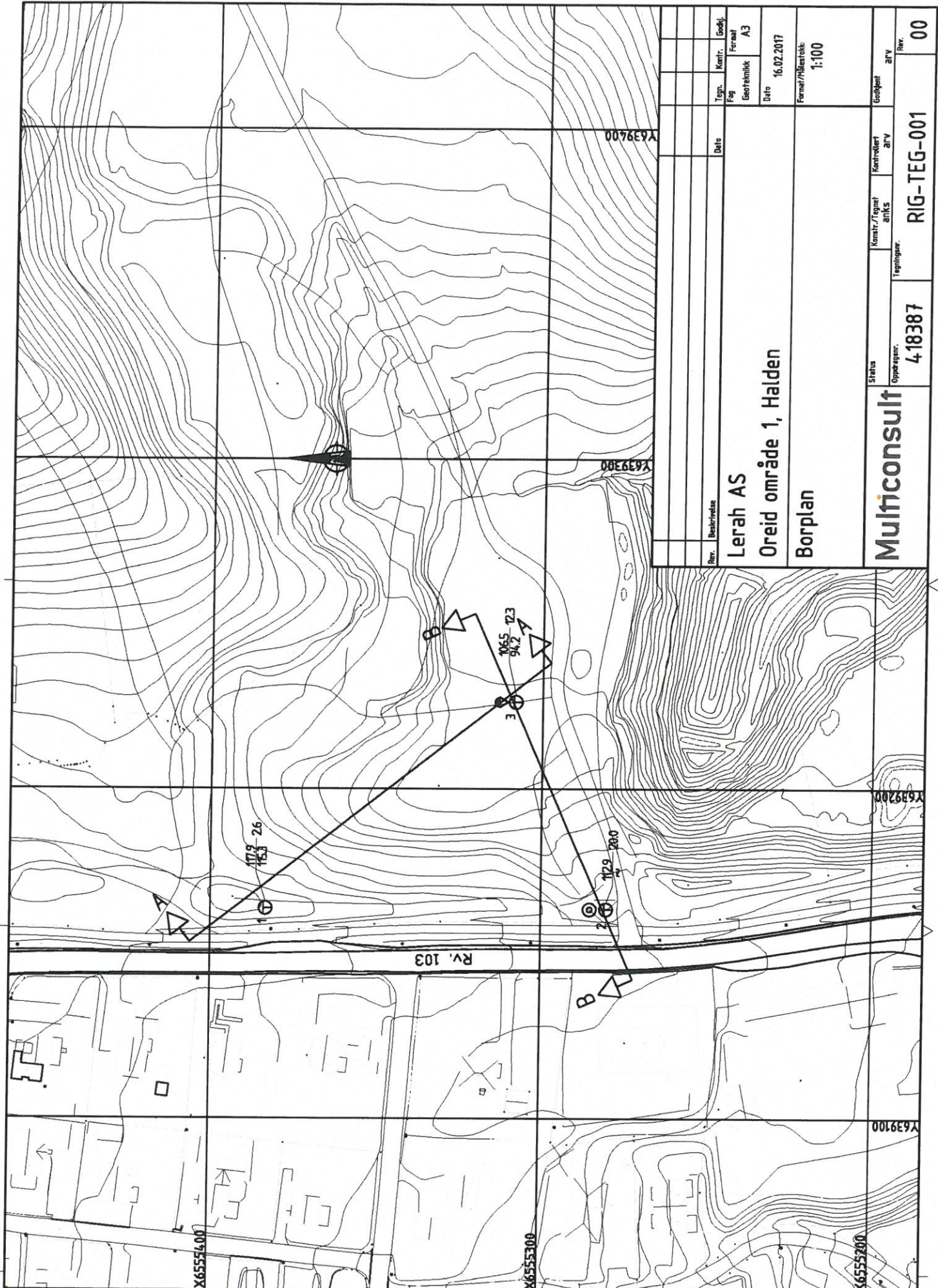
Z:\04\18\4-18387\4-18387-03 ARBEIDSOmrÅDE\4-18387 RIG\4-18387-RIG-TEG-000_OVERSIKTSKART.dwg - Layout: (A4 StÅende s1.jena) - Plottet av: anks, Dato: 2017.02.17 kl 11:12



Multiconsult
www.multiconsult.no

Oversiktskart
Lerah AS
Oreid område 1, Halden

| | | | |
|------------------------|----------------------------|----------------------|------------|
| Status | Fag | Original format | Dato |
| Konstr./Tegnet anks | Kontrollert arv | Godkjent arv | 17.02.2017 |
| Oppdragsnr. 418387 | Tegningsnr. RIG-TEG-000 | Målestokk 1:50000 | Rev. 00 |



| | | | | | |
|--------------|-------------|------|------------------------|------------|--------|
| Rev. | Bestyrrelse | Dato | Tegn. | Kontr. | Godkj. |
| | | | Fag | Geoteknikk | Formål |
| | | | | | A3 |
| | | | Dato | 16.02.2017 | |
| | | | Format/Projeksjon: | 1:100 | |
| Lerah AS | | | Oreid område 1, Halden | | |
| Borplan | | | | | |
| Multiconsult | | | Status | | |
| 418387 | | | Oppdraget | | |
| RIG-TEG-001 | | | Kontr./Tegnet av | | |
| | | | Kontrollert av | | |
| | | | Egnet av | | |
| | | | Rev. | | |
| | | | 00 | | |

| Dybde (m) | Beskrivelse | Prøve | Test | Vanninnhold (%) og konsistensgrenser | | | | | ρ (g/cm ³) | Porøsitet (%) | Organisk innhold (%) | Udrenert skjærfasthet (kPa) | | | | | St (-) |
|-----------|---|-------|------|--------------------------------------|----|----|----|----|-----------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------|----|----|----|----|--------|
| | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | SAND, siltig enk. gruskorn, rothår | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | SAND, grusig, siltig brun | | | | | | | | | | | | | | | | |

Symboler:



Enaksialforsøk (strek angir deformasjon (%) ved brudd)



Vanninnhold



Omrørt konus

ρ = Densitet

T = Treaksialforsøk

ρ_s : 2,75 g/cm³

\emptyset = Ødometerforsøk

Grunnvannstand: m



Plastisitetsindeks, Ip



Uomrørt konus

S_t = Sensitivitet

K = Korngradering

Borbok: DBB

Lab-bok: DLB

PRØVESERIE

Borhull:

2

Lerah AS

Dato:

2017-02-07

Oreid område 1, Halden

Multiconsult

www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:

FCD

Kontrollert:

GEO

Godkjent:

ARV

Oppdragsnummer:

418387

Tegningsnr.:

10

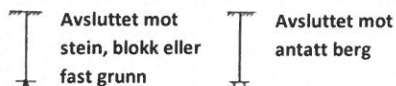
Rev. nr.:

00

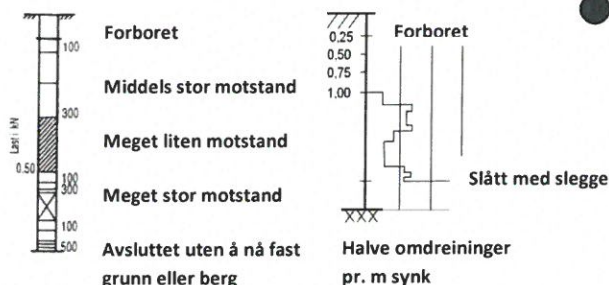
BILAG 1

Geotekniske bilag - feltundersøkelser

(2 sider)



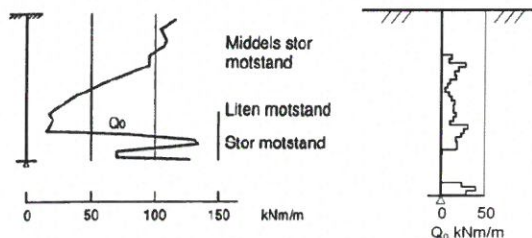
Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn.



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.

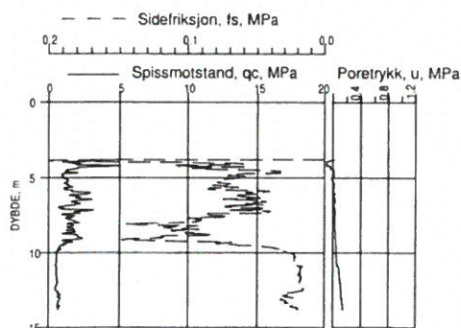
Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybde-skala og tverrstrekk for hver 100 $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreieing, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



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.

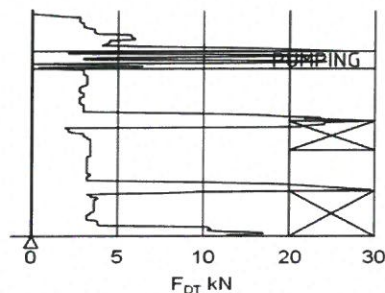
$Q_0 =$ loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



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).

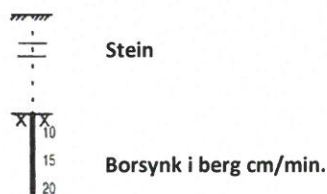


DREIETRYKKSONDERING (NGF MELDING 7)

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.

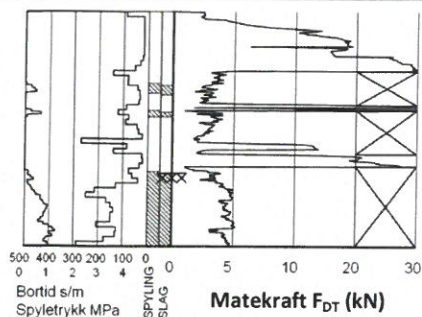
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.

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.



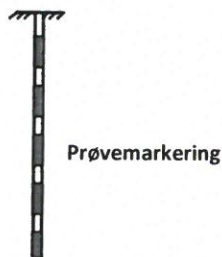
T TOTALSONDERING (NGF MELDING 9)

Kombinerer metodene dreietrykksondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm skjøtbare borstenger og $\phi 57$ mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag benyttes 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 synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen. Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



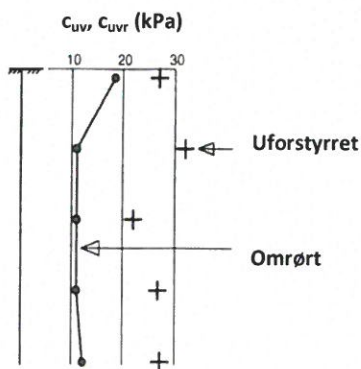
⊙ MASKINELL NAVERBORING

Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast 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.



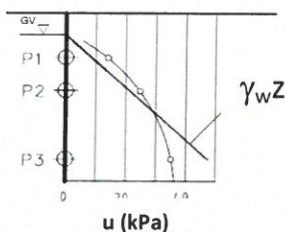
⊙ PRØVETAKING (NGF MELDING 11)

Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet. Vanligvis benyttes stempelprøvetaking med innvendig stempel for optak av 60-100 cm lange sylindreprøver. 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.



⊖ PORETRYKSMÅLING (NGF MELDING 6)

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmålere). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometererrør 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 Kornstørrelse (mm) | Leire <0,002 | Silt 0,002-0,063 | Sand 0,063-2 | Grus 2-63 | Stein 63-630 | Blokk >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. |

SKJÆRFASHTHET

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

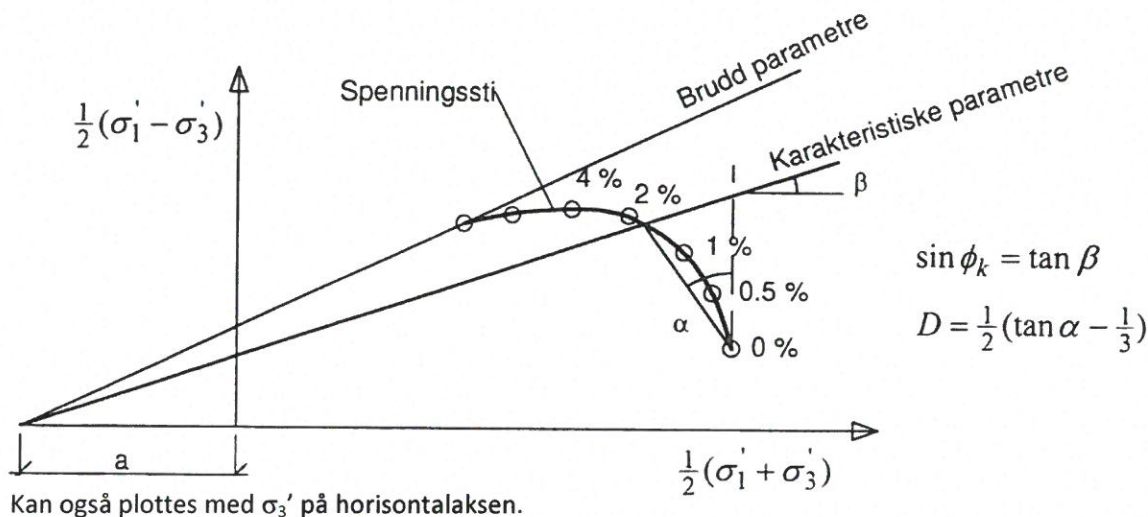
Effektivspenningsanalyse: Effektive skjærfasthetsparametre a , c , ϕ ($\tan\phi$) (kPa, kPa, °, (-))

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_{u1}) (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 poretrykkmåling (CPTU) (c_{uCPTU}) eller vingebor (c_{uv} , c_{ur}).



SENSITIVITET S_r (-)

Sensitiviteten $S_r = c_u/c_r$ 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/cm³) Masse av prøve pr. volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del.
Korndensitet (ρ_s , g/cm³) Masse av fast stoff pr. volumenhet fast stoff
Tørr densitet (ρ_d , g/cm³) Masse av tørt stoff pr. volumenhet

TYNGDETETHETER

Tyngdetetthet (γ , kN/m³) 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/m³) Tyngde av fast stoff pr. volumenhet fast stoff ($\gamma_s = \rho_s g$)
Tørr tyngdetetthet (γ_d , kN/m³) 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, $\sigma' < \sigma'_c$ ($\sigma'_c = \text{prekonsolideringsspenningen}$) |
| Lineært økende modul | $M = m(\sigma'(\pm \sigma_r))$ | Leire, fin silt, $\sigma' > \sigma'_c$ |
| Parabolsk økende modul | $M = mV(\sigma'\sigma_a)$ | 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 mineralorknene. 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 , som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifisering 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-oksidasjon med hydrogenperoksyd, kan også benyttes.