

SMEDSVIG LANDSKAPSARKITEKTER AS

## HUNDVÅG GRAVLUND

GEOTEKNISK NOTAT

ADRESSE COWI AS  
Postboks 2422  
5824 Bergen  
Norway  
TLF +47 02694  
WWW cowi.com

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.
A267534	RIG-NOT-001 Hundvåg gravlund

VERSION	UDGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UDARBEJDET	KONTROLLERET	GODKENDT
01	17.06.2024	Til bruk	LIOS	GRSR	EJAH

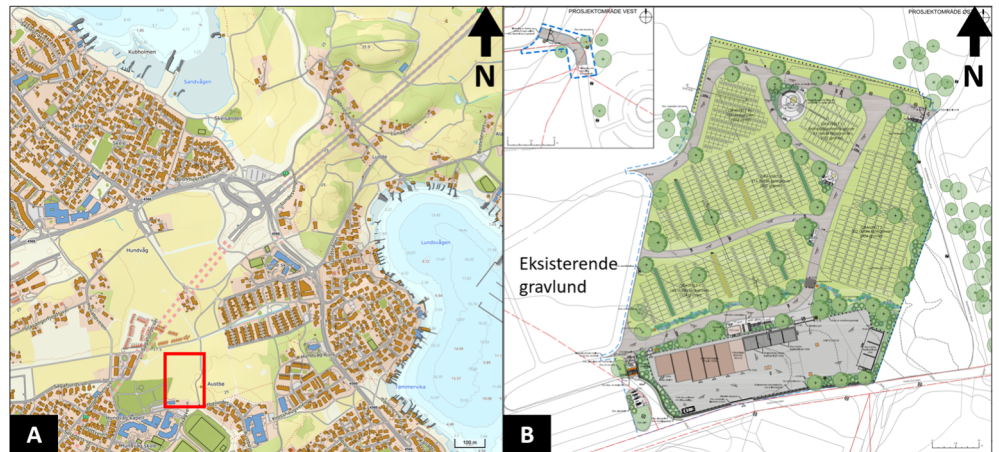
## INNHOOLD

1	Innledning	3
1.1	Formål	3
2	Grunnlag	4
2.1	Krav og regelverk	4
2.2	Kvartærgeologiske kart og marin grense	4
2.3	Topografi	6
2.4	Observasjoner ved befarings	6
2.5	Tidligere utførte grunnundersøkelser	7
2.6	3D-modell	8
2.7	Supplerende prøvegravinger	8
2.8	Erfaringsgrunnlag	12
3	Grunnforhold	13
4	Grunnvann	14
5	Geoteknisk vurdering	15
5.1	Områdestabilitet	15
5.2	Stedlige masser og egnethet	15
5.3	Optimaliserte kornfordelingskurver og blandingsforhold	16
5.4	Gravfelt for urnegraver	19
5.5	Anbefalinger knyttet til anleggsvirksomhet	19
6	Konklusjon	20
7	Vedlegg	21
8	Referanser	21

# 1 Innledning

COWI AS er engasjert av Smedsvig Landskapsarkitekter AS for geoteknisk bistand i forbindelse med utvidelse av Hundvåg gravlund (Figur 1) ved Gbnr. 7/1 i Stavanger kommune. Byggherre er Stavanger kommune.

Tiltaket inkluderer etablering av flere gravfelt med doble kistegraver og ett gravfelt for urnenedsettelse.



Figur 1: Oversiktskart og illustrasjon foreliggende planer. Dagens gravlund skal utvides mot øst. A: Oversiktskart Hundvåg, tiltaksområdet er indikert med rød firkant. Utklipp hentet fra Norgeskart [1]. B: Planlagt tiltak, utklipp hentet fra Tegning L60-01 [2].

## 1.1 Formål

Formålet med dette dokumentet er geoteknisk bistand for å etablere gravlunden av masser som skal være egnede for planlagt anvendelse. Det er et ønske i prosjektet om å optimalisere de miljømessige og kostnadsdrivende aspektene med tanke på massetransport og massehåndtering. De stedlige massene anses som ikke egnede alene på bakgrunn av laboratorieanalyser og vel dokumentert erfaringsgrunnlag. Området planlegges dermed å masseutskiftes og det skal tilsees tilstrekkelig drenering. Det gis i dette dokumentet en vurdering av om det lar seg gjøre å iblande de tilførte massene noe av den stedlige massen. Videre gis det råd for anleggsvirksomhet.

Det legges til grunn at massene i gravsjiktet skal:

- > Ha tilstrekkelig permeabilitet for å slippe gjennom både vann og luft
- > Legge til rette for graveskråninger med tilstrekkelig stabilitet for å stå åpne i kortere perioder
- > Legge til rette for at nedbrytningsprosesser finner sted og inntreffer innenfor fredningstiden på 20 år har utløpt

I tillegg skal det etableres et fungerende drenslag i bunn for å lede vekk over-skuddsvann til drensledninger. Overliggende matjordlag skal ha tilstrekkelig

bæreevne for mindre maskiner i daglig bruk, optimalt sett uten å sette betydelige spor i topp terreng.

Et mindre parti av tiltaksområdet har en antatt bergoverflate over planlagt gravnivå. Berget består av fyllitt. Det gjøres en vurdering av om disse fyllittmassene kan la seg anvende innenfor anleggsområdet.

Tiltaksområdet ligger under marin grense. Det inngår derav en kort vurdering av områdestabilitet ved etablering av planlagt tiltak, jf. NVE Veileder 1/2019 [3].

## 2 Grunnlag

### 2.1 Krav og regelverk

Gravferdsforskriften [4] gir krav til etablering av gravplass. Iht. § 3 Plan for gravplassen, punkt c, skal det utføres en geoteknisk vurdering med undersøkelse av jordbunnen som redegjør for jorddybder, kornfordeling og grunnvannsnivå. Det settes videre krav jf. § 8 til høyeste tillatte grunnvannstand, maksimalt 0,3 m under laveste kiste eller urne. § 13 og 14 angir minimum overdekning som er 0,8 m for kistegrav i tillegg til 0,3 m jord under og på sidene av kisten. Askeurne skal minimum ha overdekning på 0,5 m og skal være omsluttet av jord på alle sider.

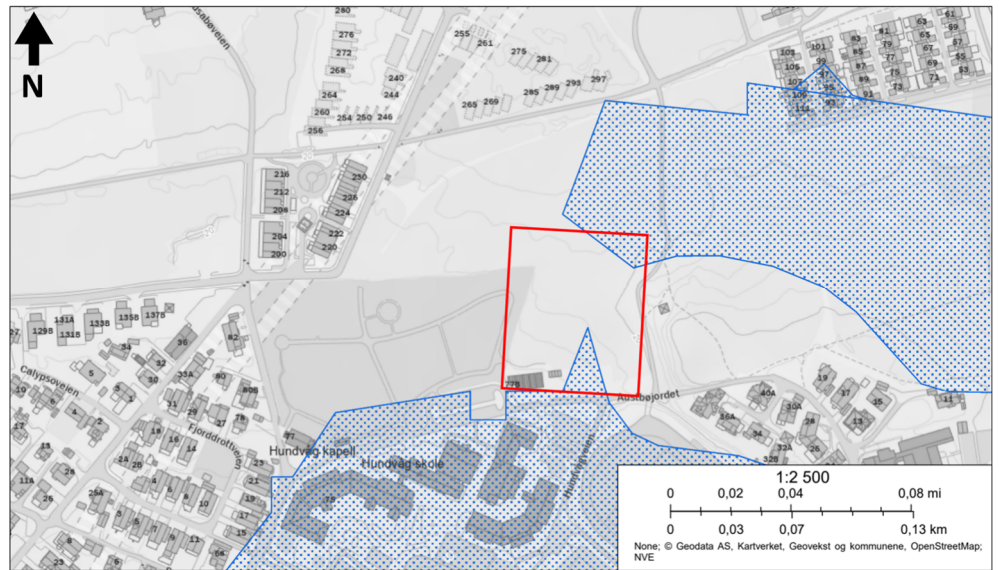
Ettersom gravferdsforskriften ikke eksplisitt beskriver egenskapene for egnede masser, legges Veileder for gravplass [5] til grunn for de faglige vurderingene, i tillegg til NIBIO Rapport 6(70) [6], NIBIO Egned jord til kistegraver (supplement) [7] og NIBIO Rapport 8(97) [8]. Sistnevnte rapport inneholder en studie av eksisterende gravplasser, deriblant spesifikke erfaringer ved Hundvåg gravlund. Det samme gjelder for faktablad utarbeidet av FAGUS Rådgivning [9] tilknyttet tidligere utvidelse av Hundvåg gravlund i 2006. For urnefelt anvendes Kremasjon og gravformer for aske [10] som veileder.

Tiltaket anses som pålitelighetsklasse 1 (RC/CC1). Krav til uavhengig kontroll settes iht. RC/CC. Det vil ikke utløse krav om utvidet uavhengig kontroll ved utvidelse av gravlunden. Det bemerkes at det anbefales å engasjere geotekniker eller annen fagkyndig i forbindelse med anleggsfasen for å sikre best mulig kvalitet på resultatet.

### 2.2 Kvartærgeologiske kart og marin grense

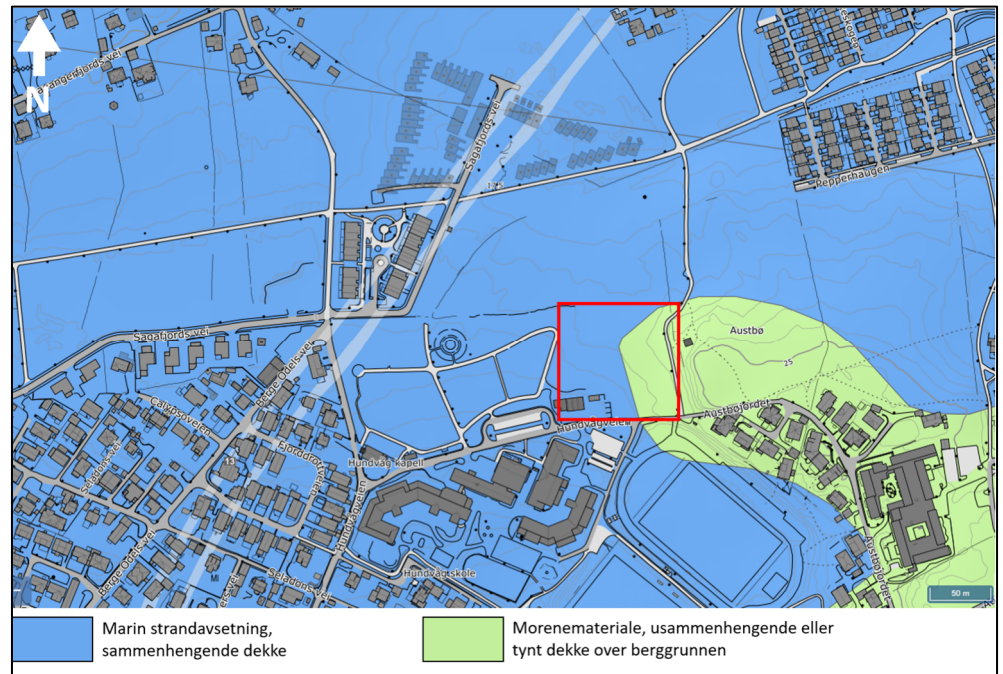
Tiltaksområdet ligger i sin helhet under marin grense og grenser til dels innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred ref jf. NVE Temakart Kvikkleireskredfare [11] i tiltaksområdets ytterkanter.





Figur 2: Utklipp fra aktsomhetskart utgitt av NVE [11]. Rød firkant indikerer omtrent lokasjon tiltaksområde.

Løsmassekart utarbeidet av NGU [12], kartlegger området som marin strandavsetning og til dels noe morenemateriale (Figur 3). Løsmassekart gir kun en indikasjon på øvre stratigrafi, egnet skala i området er 1:50 000.

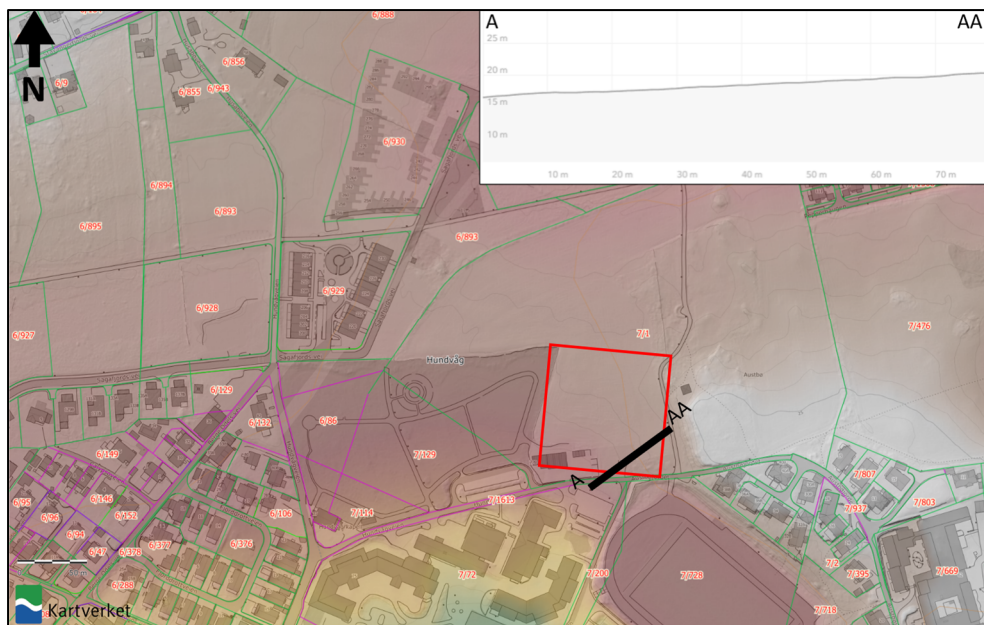


Figur 3: Utklipp hentet fra NGU Løsmassekart [12]. Området er kartlagt som marin strandavsetning og delvis som moreneavsetning. Egnest skala 1:50 000.

Berggrunnskart fra NGU [13], indikerer at bergarten i området består av gneis og fyllitt, tiltaksområdet ligger tett på en skjærsone mellom disse to bergartene.

## 2.3 Topografi

Terrenget heller svakt mot sørvest med gjennomsnittlig helning slakere enn 1:20. En topografisk linje er tegnet opp i innenfor område omtalt som aktsomhetsområde i Kap. 2.2. Helning i aktuelt snitt er også slakere enn 1:20.



Figur 4: Topografisk kart hentet fra Høydedata [14]. Snitt A-AA er optegnet innenfor aktsomhetsområdet omtalt i Kap. 2.2.

## 2.4 Observasjoner ved befaring

Det ble utført befaring av området i forbindelse med supplerende prøvegravingspunkt den 08.05.2024.

Ved befaring ble det påpekt av representant fra Hundvåg gravlund at tiltaksområdet har relativt mye overflatevann i nedbørsperioder. Det forventes at de stedlige massene er lite permeable.

Tidligere utgravninger i stedlige masser på området har erfaringsmessig medført at det lokal påtreffes av større steiner og blokkrik grunnen (Figur 5). Blokk opp til ca. 1-1,5 m i diameter.

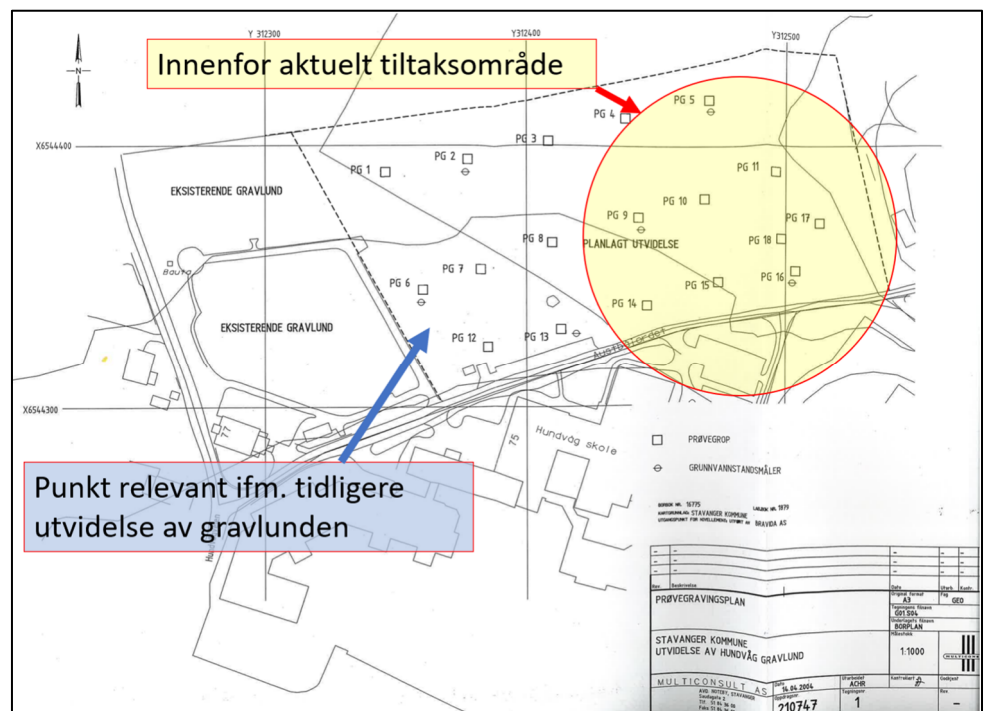
Det observeres stedvis berg i dagen langs topografisk forhøyning øst for tiltaksområdet (Figur 5).



Figur 5: Fotografi fra befaring, deponerte blokker fra stedlige masser (røde piler). Større steiner og blokker gravd ut fra stedlige masser i området over tid. Deponi inneholder også diverse eldre bygningsmateriale som ikke stammer fra grunnen og er ikke relevant her.

## 2.5 Tidligere utførte grunnundersøkelser

Multiconsult avd. Noteby utførte en grunnundersøkelse i form av prøvegravinger på området i 2004, Geoteknisk rapport 210747-1 [15]. Undersøkelsen inkluderte poseprøver og grunnvannsmålinger. Det foreligger kornfordelingskurver i tillegg til rutineundersøkelser, glødetapsmålinger og vanninnhold. Punktene koordinater medfølger ikke, det er dermed gjort et estimat for plassering etter beste evne. Det kan forventes noe usikkerhet knyttet til nøyaktig posisjon, men omfanget av usikkerhet vurderes som ikke kritisk for prosjektet.



Figur 6: Utklipp prøvegravingsplan utarbeidet av Multiconsult avd. Noteby i 2004 [15]. Punkter relevante for dagens tiltaksområde er markert med gul sirkel.

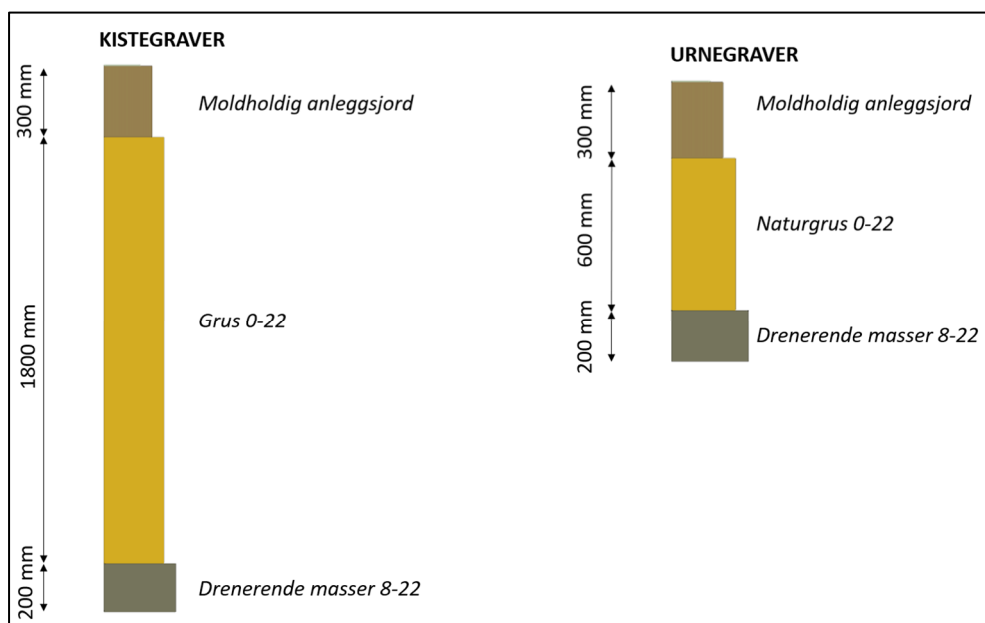


Det foreligger ikke ytterligere informasjon om grunnen i offentlig tilgjengelige databaser som Nadag eller Granada innenfor relevant avstand.

Norconsult AS utførte en vurdering av jordkvalitet (øvre topplag) på tiltaksområdet i forbindelse med denne utvidelsen [16] i 2024. Gjennomsnittlig moldinnhold er tilsvarende funnene tidligere beskrevet for omkringliggende område [9].

## 2.6 3D-modell

3D-modell oversendt av Smedsvig Landskapsarkitekter AS [17], danner vurderingsgrunnlag for evt. optimaliseringsmuligheter av massene. Det planlegges gravedybder som oppsummert i Figur 7. Det er formidlet ønske om å tilføre masser i fraksjon 0-22 mm.

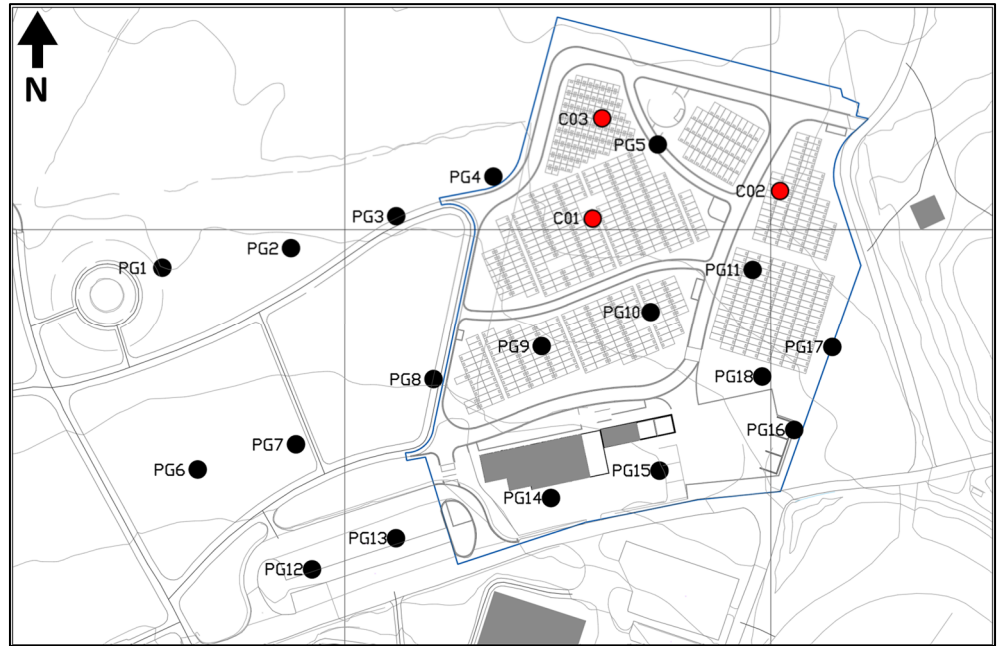


Figur 7: Utklipp hentet fra 3D-modell foreløpige planer, utarbeidet av Smedsvig Landskapsarkitekter AS [17].

## 2.7 Supplerende prøvegravinger

Supplerende prøvegravinger ble utført 08.05.2024 for å avdekke forhold i grunnen i delområder med mindre datagrunnlag. En representant fra COWI var til stede samt representant tilknyttet daglig anleggsvirksomhet ved Hundvåg gravlund (Jørgen Skjæveland). Laboratorieresultater er oppsummert i sin helhet i Vedlegg 1 i laboratorierapport 10259920-RIG-LAB-RAP-001 [18].

Perioden var generelt tørr, med lite til moderate mengder nedbør. Punktene er gravd i område tidligere anvendt for jordbruksformål. Det er utført prøvegravning i totalt 3 punkt (Figur 8), med prøvetakning i ett punkt (C01).



Figur 8: Utklipp graveplan. Supplerende prøvegravningspunkt er merket med rød farge, resterende punkt inngår i tidligere undersøkelse utført av Multiconsult avd. Noteby [15].

Koordinater supplerende prøvegravningspunkt er oppsummert i Tabell 1. Rapport laboratorieresultater finnes i Vedlegg 1.

Det var ikke utstyr tilgjengelig på plassen for nøyaktig innmåling. Koordinatene er derfor innmålte ved hjelp av håndholdt GPS-utstyr. Maskinen på plassen var liten og hadde begrenset kapasitet i faste masser. En bergpåvisning er dermed noe usikker (Kap. 2.7.2).

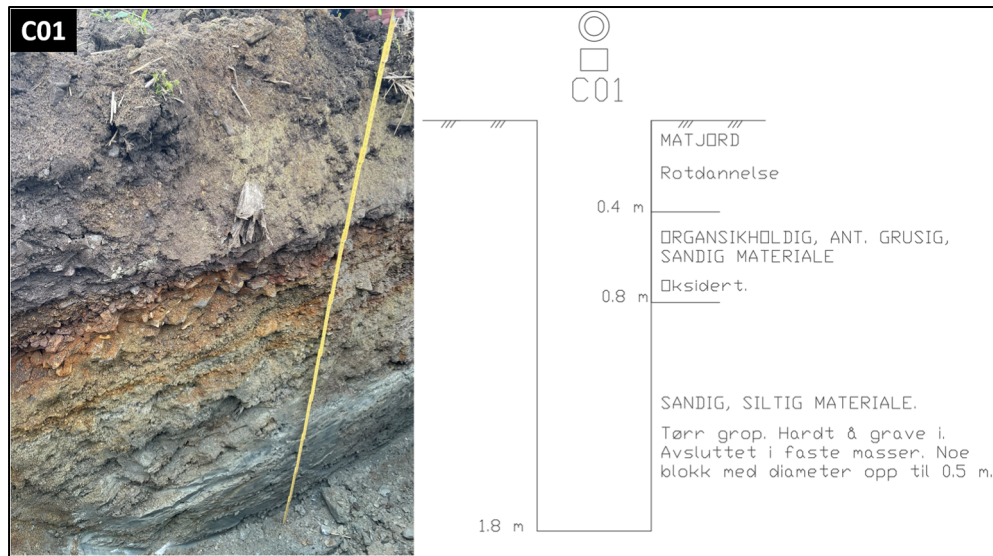
Tabell 1: Koordinater supplerende prøvegravningspunkt, EUREF89 UTM32.

ID	Nord [m]	Øst [m]	Kommentar
C01	6544402,6	312458,2	Planlagt doble kistegraver Prøvetakning
C02	6544409,1	312502,2	Planlagt doble kistegraver
C03	6544426,2	312460,4	Planlagt urnefelt

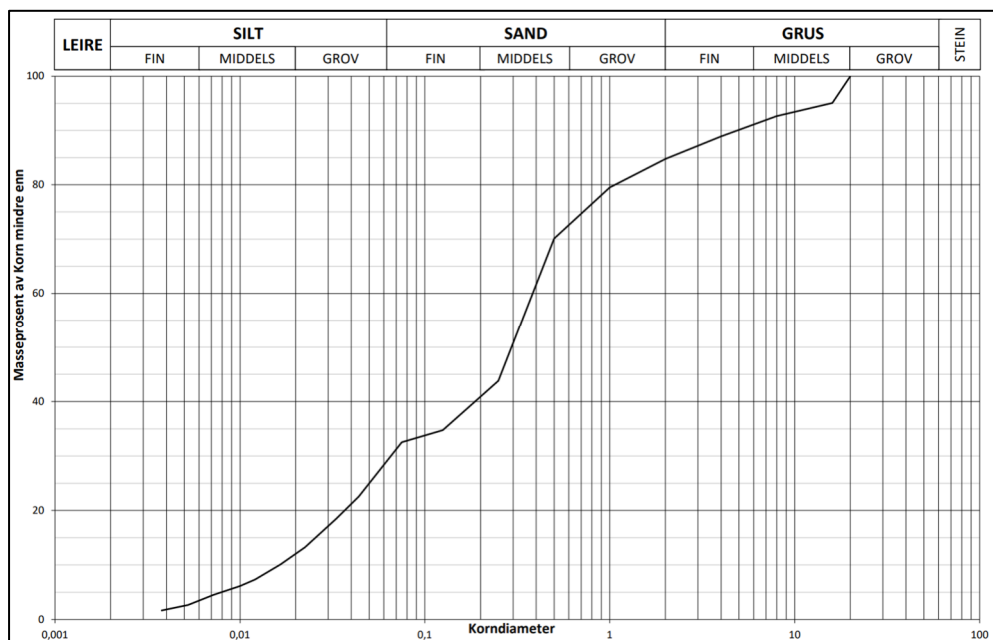
### 2.7.1 C01

Fotografi grop C01 og tolkning av lagdeling er oppsummert i Figur 9. Det ble hentet ut poseprøve i sjiktet mellom 0,4 og 0,8 m i tillegg til en poseprøve ved 1,4-1,6 m under terreng. Kornfordelingskurver er oppsummert i Figur 10.

Gropen er lokalisert hvor det planlegges kistegraver i dobbel dybde. Tørr grop uten vanntilsig.



Figur 9: Gravegrop C01. Det er utført laboratorieanalyser på prøver hentet fra begge lag under matjorden [18].



Figur 10: Kornfordelingskurver fra lag nedre finstoffholdig lag (Lag 3). Utklipp hentet fra laborierapport supplerende prøvegravinger [16]. Relativt godt samsvar med tidligere undersøkelse [15]. Lab tilbakemelder at det grovere laget over ikke lot seg ikke kornfordele pga. humusinnhold på 6,9%.

### 2.7.2 C02

Fotografi grop C02 og tolket lagdeling er oppsummert i Figur 11. Gropen ble avsluttet i antatt sterkt forvitret bergoverflate 1,4 m under terreng. Samsvarer

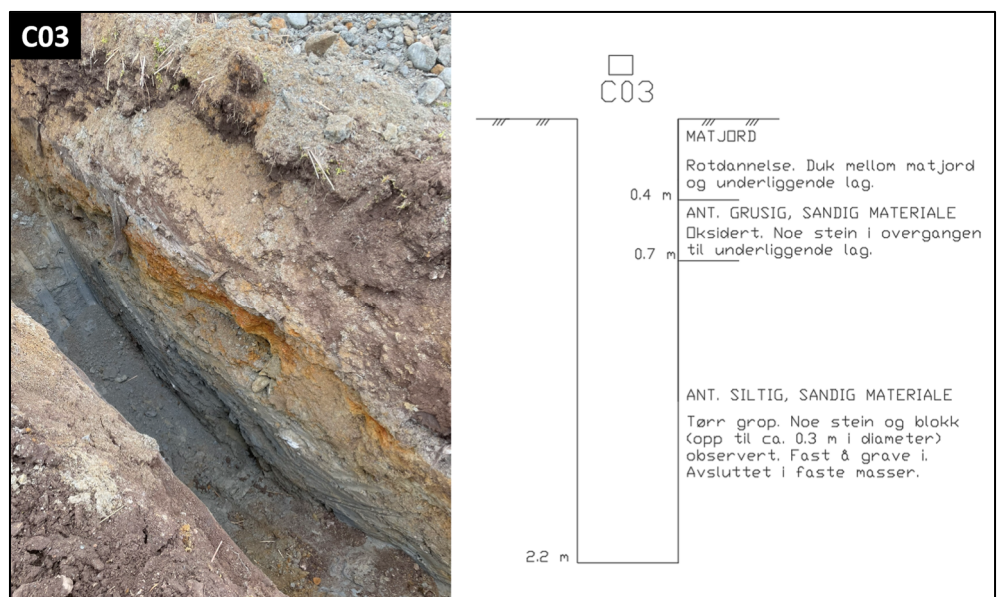
med antatt bergoverflate påtruffet i punkt 17 tilhørende undersøkelsen i 2004 [15]. Gropen er lokalisert innenfor område hvor det planlegges for doble kiste-graver med minimum tiltrengt gravenivå 1,8 m under terreng. Det var ikke mulig å grave dypere med utstyret tilgjengelig på plassen. Tørr grop, ingen vanntil-sig.



Figur 11: Fotografi grop C02 med tolket lagdeling. Antatt forvitret bergoverflate av fyllitt i bunn ved ca. 1,4 m under terreng. Tørr grop. Pilene indikerer flere blokker av bestående av fyllitt med høy forvitningsgrad.

### 2.7.3 C03

Fotografi grop C03 og tolket lagdeling er oppsummert i Figur 12. Gropen tilhører lokasjon hvor det planlegges for urnegraver. Tørr grop, ingen vanntil-sig.



Figur 12: Fotografi grop C03 med tolket lagdeling. Avsluttet i masser som er faste å grave i 2,2 m under terreng.

## 2.8 Erfaringsgrunnlag

Tidligere erfaringer både av de stedlige massene og erfaringene fra tidligere utvidelse av Hundvåg gravlund, er grundig beskrevet av FAGUS [9] og er relevant beslutningsgrunnlag for dagens tiltak. Oppsummering av de mest relevante punktene følger under.

### 2.8.1 Erfaringer gravlegging i stedlige masser

For de naturlige, stedlige masser er det verdt å ta med seg at:

- > Kontaktdrenering har fungert dårlig fordi massene er for tette for at vann slipper ut i tilstrekkelig grad
- > Vann i gravene har vært et problem som har resultert i behov for pumping
- > Ved utgraving i nedbørsperioder har silt- og leirholdige masser latt seg omrøre
- > Massenes fasthet er stedvis såpass stor at det har tidligere vært vanlig å sprengne i forbindelse med oppgraving.
- > Gravene har ofte hatt problemer med utrasing/ustabile gravkanter

Flere av de overnevnte punktene har bidratt til at kiste og kisteinnhold ikke har blitt brutt ned i tilstrekkelig grad. Ved forrige utvidelse ble det vurdert at gravlegging direkte i stedlige masser ikke er i tråd [9] med Gravferdsforskriften [4].

### 2.8.2 Erfaringer utvidelse 2006

Ved utvidelse av Hundvåg i gravlund i 2006 ble det masseutskiftet av årsakene oppsummert ovenfor i Kap. 2.8.1. Masseutskiftningen ble oppbygd på følgende måte:

- 30 cm singel i bunnen, fraksjon 8-22 mm.
- 140 cm i gravsjikt, fraksjon 0-22 mm
- 25-30 cm jordsmonn i topp

Videre ble det utført visuelle forsøk for permeabilitet og graveskråningenes stabilitet på normal- og lettkomprimerte masser i gravsjiktet, hvorav begge komprimeringsmetodene gav tilfredsstillende resultater. Det ble satt krav om siktekurve for hvert 2000 tonn masse som ble tilført tiltaksområdet. Det beskrives at knuste fylltmasser som er stedegen i området, gir utilfredsstillende permeabilitet.

Erfaringene i ettertid av masseutskiftning, er oppsummert som tilfredsstillende med tanke på gravbarhet, stabilitet i gravevegger og permeabilitet.

I praksis blir det tilført noe jord under og over kisten for å bidra til mikrobiell nedbrytning [9]. Det nevnes at det kan være usikkerhet knyttet til om



anleggelse av 0-22 mm i gravsjikt, kan gi en masse med noe for lav fuktighet for optimal mikrobiell aktivitet.

Også øvre matjordlag ble optimalisert i form av iblanding av 70% sand for å tilse tilstrekkelig kjøresterk topplag hele året, god dreneringsevne samt tilstrekkelig vekstmedium. Resultatene i ettertid er gode med tanke på bæreevne, med unntak av noe nedsatte vekstvilkår [9].

FAGUS 10/2011(8) oppsummerer at betegnelsen «0-22 mm» kan være noe uheldig da det bør settes en øvre grense på innhold i massene som er < 0.06 mm, altså partikler definert som leire til silt [9].

### 3 Grunnforhold

Supplerende prøvegravninger viser at grunnforhold er relativt homogene over mesteparten av området. Funnene i C01, C02 og C03 er geoteknisk sett, tilnærmet identiske med tanke på jordarter og egenskaper som fasthet, gradering og egenskaper knyttet til evt. omrøring og smuldbarhet. Det skiller på egenskaper knyttet til de ulike lagene til stede i grunnen. Tilsvarende resultater for disse lagene er beskrevet i 2004 i omkringliggende prøvegravningspunkt [15].

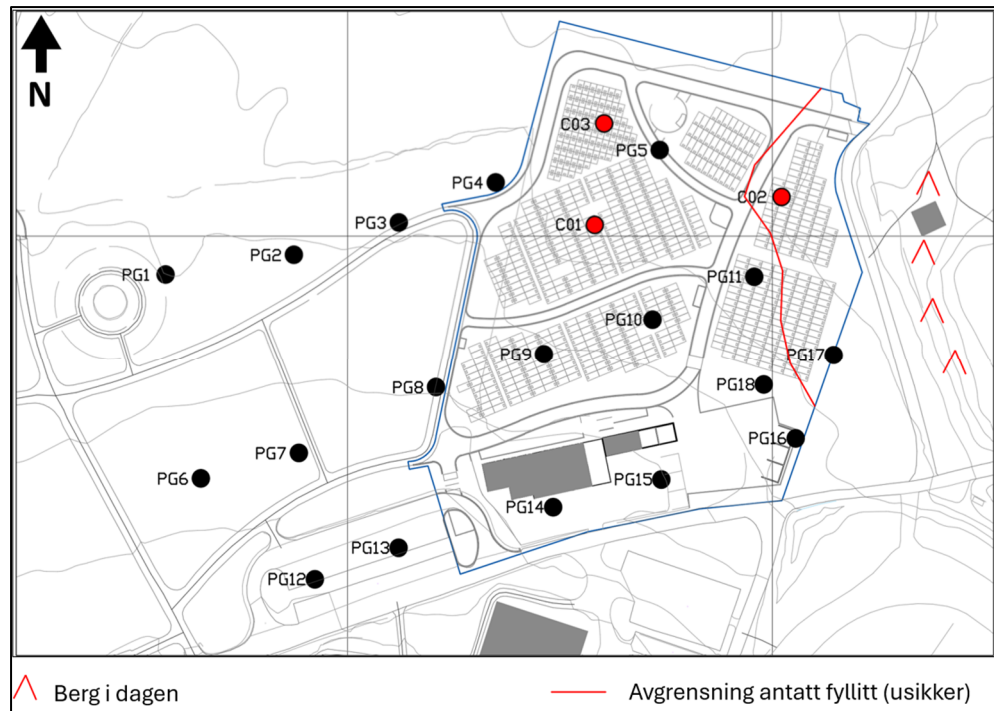
Ved etablering av gravlund er massenes evne til å smuldre relevant for evt. egnethet for blanding og håndtering med maskin. I tillegg er dreneringsevne, stabilitet, evne til å opprettholde luftsirkulasjon, evne til å opprettholde biologisk aktivitet ved aerob nedbrytning, temperatur og pH relevant.

Øvre lag av matjord («Lag 1») opptrer med tykkelse på ca. 0,2-0,4 m. Det er noe rotdannelse i form av tynne røtter til stede.

Oksidert lag («Lag 2») bestående av hovedsakelig sandig, grusig materiale vurderes å ha en noe struktur. Jord som opptrer i klumper og enkelte steiner lar seg knuse i hånden. Massene har smuldrende egenskaper med noe kohesjon. Ingen rotdannelse, det forventes en noe andel humusinnhold med lokale variasjoner, målt i laboratorie i ett punkt til 6,9%. Massene har spor av oksidasjon og vurderes å ha noe drenerende egenskaper. Veggene i gropene er rette med tendens til noe nedfall. Tykkelse på laget varierer lokalt og mellom 0,3 m og 1,1 m, typisk mindre mektighet mot øst.

De underliggende mer finkornede massene («Lag 3») består hovedsakelig av siltig, sandig materiale og sandig, siltig, leirig materiale, er faste å grave i og inneholder stedvis større steiner og blokk. Graveskråninger er rette med lite nedfall, det forventes en god del attraksjon i massene. Glødetapsmåling viser neglisjerbart humusinnhold på 0,6%. Massene forventes å lett kunne la seg omrøre i kontakt med vann. Evne til smuldring er betydelig lavere enn for overliggende lag. Massene anses som ikke-drenerende og tette. Prøvegravning er avsluttet i dette laget, i østlig del av området (C03) er prøvegravning avsluttet i overgang mellom dette laget og antatt underliggende forvitret bergoverflate av fyllitt.

Fyllitten som er antatt påtruffet ved prøvegraving er svært forvitret og oppsprukket. Det kan være utfordrende å skille overgang fra moreneavsetning til forvitningsmateriale og videre til fast berg. Øvre del av bergoverflaten av såpass dårlig kvalitet at det forventes at det kan være mulig å grave det ut med maskin heller enn å sprengne. Forekomst av fyllitt er avgrenset med usikkerhet, et anslag er skissert i Figur 13. Om det er ønske om mer nøyaktig avgrensning vil det kreves ytterligere prøvegraving utført med større maskin. Det forventes at bergoverflaten vil ligge på om lag 0,9-1,5 m under terreng.



Figur 13: Skissert avgrensning av fyllitt over planlagt gravenivå. Avgrensning er usikker.

## 4 Grunnvann

Alle gropene var tørre, grunnvann er ikke observert, prøvegravningen ble utført i en relativt tørr periode. Det henvises til grunnvannsmålinger fra 2004 [15] hvor det påvises grunnvann 0,7-2,1 m under terreng.

Ved befaring ble det informert at overvann observeres over terreng på tiltaksområdet periodevis, typisk i smelte- og nedbørsperioder.

Det planlegges dreneringstiltak i form av drensledninger og fritt drenerende lag under tilførte masser, grunnvannsproblematikk anses som håndtert, gitt korrekt oppbygning.

## 5 Geoteknisk vurdering

### 5.1 Områdestabilitet

Området ligger ikke innenfor registrert faresone for kvikkleireskred. Området har stedvis kortere dybder enn 2 m til berg. En mindre del av tiltaksområdet ligger innenfor aktsomhetsområde for kvikkleireskred iht. aktsomhetskart [11]. Det vurderes imidlertid at det ikke foreligger terrengkriterier jf. steg 3 i NVE Veileder 1/2019 [3], som tilsier at området kan karakteriseres som et mulig løsneområde. Massene opptrer ikke som masser med sprøbruddegenskaper. Det aktuelle tiltaket som innebærer terrengendring og masseutskiftning, er ikke knyttet til fare for skred.

### 5.2 Stedlige masser og egnethet

#### 5.2.1 Lag 1

Lag 1, bestående av matjord, vurderes som egnet til opparbeidelse av grøntareal. Det vil kreves tilførsel av masser uten organisk innhold for å sikre tilstrekkelig bæreevne for daglig anleggstrafikk ved drift av gravlunden. Se Kap. 5.3.1 for foreslått blandingsforhold.

#### 5.2.2 Lag 2

Lag 2, bestående av i hovedsak grovere fraksjoner, vurderes som delvis anvendbart for opparbeidelse av gravlund. For å anvende disse massene i gravsjikt, vil det kreves at man separerer ut de groveste fraksjonene og blander resterende masser med tilført masse. Se Kap. 5.2.2 for optimalisert kornfordelingskurve.

#### 5.2.3 Lag 3

Lag 3 er rik på finstoff, men deler av Lag 3 består av kornstørrelser grovere enn sand. Disse groveste partiklene kan i teorien være anvendbare, gitt at de separeres fra de finere partiklene som kan knyttes til mindre gode gravleggingsforhold. Å separere ut partikler mindre enn 0,06 mm kan være utfordrende å anleggsteknisk gjennomføre fordi denne massen forventes å ha lav smuldbarhet og vil typisk lett la seg lett omrøre i kontakt med vann. Sortering vil forutsettes utført under tørre klimatiske forhold slik at massene holdes tørre eller kun lett fuktige. Anleggsarbeid er pr. nå planlagt å foregå på vinterhalvåret. På Vestlandet må man generelt regne med betydelige mengder nedbør i form av regn i vinterhalvåret. Det anbefales dermed å masseutskifte dette laget i sin helhet.

Det vurderes at Lag 3 ikke er egnet, verken i sin naturlige form eller i form av tilsetning i tilførte masser.

#### 5.2.4 Fyllitt

Det forventes at gravlundens østlige del vil ha noe berg over planlagt gravenivå. Dette berget består av svært oppsprukket og forvitret fyllitt. Erfaringsmessig

kan det i enkelte tilfeller i det aktuelle området, være tilstrekkelig med grave-maskin for å fjerne berget i form av graving, heller enn sprenging.

Det er ytret et ønske i prosjektet om å mulig anvende noe av denne overskudds-fylltitten, i knust form, i gravesjikt for gravlund.

Fyllitt kan knyttes til positive effekter med tanke på pH-verdi i gravsjikt. Fylltitten er videre flislig og er erfaringsmessig utsatt for nedbrytning over tid. En slik nedbrytning vil generere mer fine partikler. Disse fine partiklene vil ha potensiale for fylle opp porerom i gravsjiktet og dermed degradere massenes struktur. Det vil si at fyllitt kan knyttes både til forringelse av tekstur og struktur og bidra til fortetting og dermed lavere permeabilitet i massene. Permeabilitetsforsøkene utført av FAGUS [9], konkluderer med lignende slutning. Det anbefales ikke å anvende fyllitt i gravesjiktet.

Det gjøres oppmerksom på at fyllitt pr. dags dato er regnet som forurenset grunn med mindre annet er dokumentert jf. Forurensningsforskriften, Del 1, Kapittel 2, § 2-3 [19]. Angående fra oppdragsgiver med spørsmål knyttet til evt. deponering og mellomlagring av fyllittmasser, henvises det til prosjektets Miljørådgiver.

Om det er behov for mellomlagring av disse massene før deponering, må dette ikke foregå på ferdig opparbeidet gravlund fordi det ikke er ønskelig å påføre de ferdige gravmassene last. Det henvises videre til Kap. 5.5.2 ang. spesielle hensyn med tanke på komprimering og setninger.

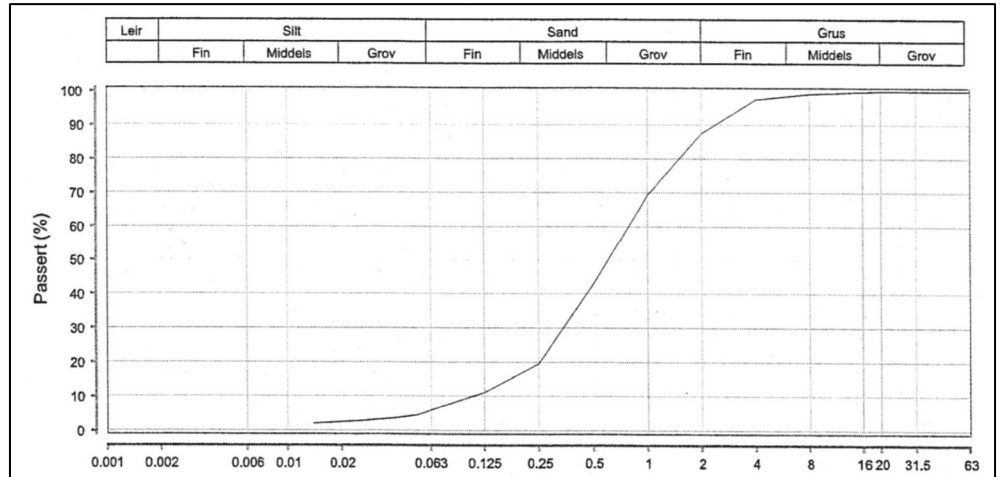
### 5.3 Optimaliserte kornfordelingskurver og blandingsforhold

Optimaliserte kornfordelingskurver skal angi minimum og maksimum grenser for finstoffholdig materiale og grovhet. Biologisk aktivitet, vegger som gir tilstrekkelig stabilitet for å stå åpne i kortere perioder uten nedfall og fungerende grøntanlegg er også relevant.

FAGUS [9] oppgir i 2011 en anbefalt kornfordelingskurve med 0-22 mm masser basert på omfattende laboratorietesting og oppfølging i felt. Disse massene ble komprimerte i forbindelse med utvidelsen i 2006. Faktisk resultat i etterkant av oppstart bruk av disse massene er enda ukjent og vil ikke være kjent før om mange år. I 2022 utgir NIBIO [8] og [7] en anbefalt kornfordelingskurve for ukomprimerte masser, basert på feltstudier fra flere gravlunder i Norge. Denne anbefalingen samsvarer ikke med tidligere beskrivelser gitt av FAGUS [9]. Det er valgt å legge anbefalinger fra NIBIO til grunn for videre vurderinger knyttet til denne utvidelsen av Hundvåg gravlund. Vurderingene i dette dokumentet samsvarer da med føringer for vurderingsgrunnlag gitt av Statsforvalteren [20].

#### 5.3.1 Lag 1

Det anbefales å videreføre samme fremgangsmåte for blanding av matjord med hensikt for kjørestert dekke som beskrevet av FAGUS [9], da resultatene har vist seg i ettertid å være tilfredstillende. Matjordlaget ble iblandet 70% sand i fraksjon 0-4 mm knust fjell. Resulterende kornfordelingskurve vises i Figur 14.

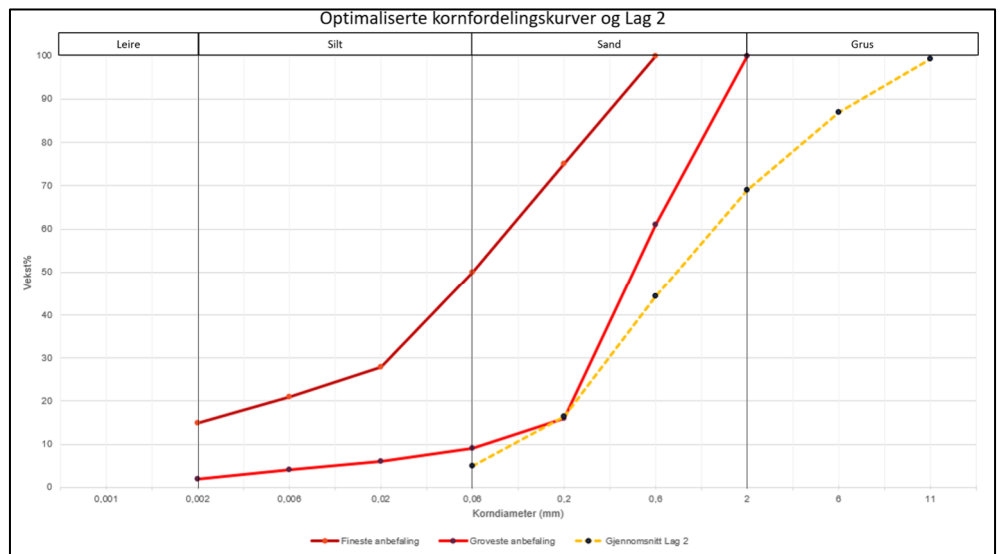


Figur 14: Utklipp kornfordelingskurve, hentet fra FAGUS [9]. Resultat matjord etter iblanding av 70% sand, fraksjon 0-4 mm.

Bæreevne beskrives som meget god for maskiner gjennom hele året, også i vinterhalvåret. Topplaget kan forventes å være noe tørkeutsatt, det må forventes hyppig gjødsling og vanning i de første årene. For mer informasjon henvises det til FAGUS [9]. Endelig kornfordelingskurve på ferdig etablert topplag bør tilstrebes å etterligne tilsvarende resultat.

### 5.3.2 Lag 2

Fremstilling av kornfordelinger for stedlige masser (Figur 15) er basert på et gjennomsnitt av resultater hentet fra geografisk relevant avstand til tiltaksområdet. Lokale variasjoner kan likevel forekomme.



Figur 15: Anbefalt kornfordelingskurve etter NIBIO [7] og et gjennomsnitt av kornfordelingskurve for Lag 2 (midtre lag) innenfor geografisk relevant avstand. Ca. 30% av massene er for grove.

Omtrent 30% av disse massene er for grove for å anvendes i gravesjikt. Grus bør sorteres ut. Videre bør det iblandes masser i intervallet 0,002-0,6 (fin silt til grov sand). De tilførte massene bør ha hovedvekt av sand. Forslag oppsummeres i Tabell 2.

Tabell 2: Begrensing tilførte masser, maksimal og minimalt innhold. Oppgitt i vektprosent. Verdier i samsvar med anbefalinger fra NIBIO [7].

	Leire	Silt			Sand		
	0,002 mm	0,006 mm	0,02 mm	0,06 mm	0,2 mm	0,6 mm	2 mm
		Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov
Maksimal andel finstoffinnhold (vektprosent)	17	19	28	46	71	99	100
Minimal andel finstoffinnhold (vektprosent)	2	4	6	8	16	61	100

Det forventes at aktuelle fraksjoner vil variere noe med tanke på tilgjengelighet, kost og om det anvendes naturlige eller kuste masser. Når det foreligger tilstrekkelig informasjon om de tilførte massene (kornfordeling) vil det være mulig å oppgi mer nøyaktige blandingsforhold for dette laget.

Det bemerkes at lagets tykkelse ikke er så stor og at utnyttelse av dette laget som blandingsmasse i tilført masse kan representere en økning i kost ifm. økt anleggsvirksomhet. Det foreslåes å begrense dette alternativet som en opsjon.

Geotekniker eller annen fagkyndig bør involveres for å sikre tilstrekkelig kvalitet under anleggsfasen, spesielt med tanke på blanding.

### 5.3.3 Lag 3

Det bemerkes at store deler av Lag 3 (nedre lag) er teoretisk sett innenfor akseptabelt intervall. Innenfor intervallet 0,006-0,6 mm er andelen svært høy, dette er fraksjoner knyttet til lav permeabilitet og mulig utfordrende separasjonsevne ved sortering.

Laget bør masseutskiftes i sin helhet.

## 5.4 Gravfelt for urnegraver

Jorden bør ha tilstrekkelig surhetsgrad (pH) for å tilse optimal nedbrytning. Det forventes god nedbrytning ved pH 5,5 og ingen aktivitet ved pH 7,7 [10].

Ettersom det kan forventes noe fyllitt i stedlige masser og at deler av disse massene blandes inn i tilførte masser, kan det bidra til pH innenfor ønsket intervall. Ferdig blandet jord for urnegraver kan med fordel testes for pH.

## 5.5 Anbefalinger knyttet til anleggsvirksomhet

### 5.5.1 Tilførte masser: Knust stein og naturlig avsetning

Egenskaper til naturlig avsatte masser og oppknuste masser er forskjellige, både fysisk og kjemisk. Knuste masser vil typisk ha høyere pH enn 7. Knuste masser har også skarpere kanter som over tid vil kunne produsere finstoff som kan fortette den drenerende effekten som er ønskelig å oppnå, dette er spesielt relevant for bruk av fyllittmasser. Gravlund bør optimalt etableres med sand med naturlig opphav for å gi best resultat. Det forventes at de relativt strenge kravene til kornfordeling som er satt for tilførte masser, mulig er lettere å gjennomføre med knuste masser. Om gravlundene etableres med knuste masser vil dette antagelig gi lavest klimaavtrykk med tanke på massetransport. Byggherre bør ta stilling til kost nytte.

### 5.5.2 Komprimering og setninger

FAGUS oppsummerer i 2011 erfaringsmessig [9] at normal- og lettkomprimerte masser ved tidligere utvidelse på Hundvåg har fungert bra. Statsforvalteren presiserer [20], at de anbefaler at gravlund etableres og kvalitet sikres etter NIBO Rapport utarbeidet i 2022 [5]. Derav vektlegges anbefalingene gitt av NIBO, det anbefales å ikke komprimere tilførte masser.

Komprimering knyttes til forringelse av jordegenskaper som poresystem og struktur. Det vil si at komprimering kan forårsake forringelse av massenes evne til å transportere vann og luft gjennom jorden og ned til kiste. For å sikre optimal nedbrytning, anbefales det å unngå komprimering i så stor grad det lar seg gjøre [7]. Det må forventes et setningsforløp i etterkant av utleggelse. Der hvor setningsforløpet har fått foregå naturlig, har resultatene av dette vist seg å være hensiktsmessige [20]. Naturlig setningsforløp tar tid, om det lar seg gjøre med prosjektets fremdriftsplaner, anbefales det å avvente bruk av gravplassen inntil hoveddelen av setningene kan forventes å være forløpt da dette vil kunne legge til rette for optimalisert funksjonalitet. Erfaringsmessig er mesteparten av setningene forløpte etter 6 måneder. OBS: Gjelder ikke ved tilfelle av mellomlagring som nevnt i Kap. 5.2.4.

Maskiner som tradisjonelt anvendes på gravplass er typisk små og kan få problemer med å grave i komprimerte masser med høy fasthet. Anleggstrafikk på området i anleggsfasen forventes å utføres med større maskiner (20 tonn). Større maskiner kan i seg selv pakke/komprimere underliggende masser. Anleggsvirksomhet bør i så stor grad det lar seg gjøre, foregå innenfor område hvor det skal etableres vei. Dersom det er behov for å kjøre anleggstrafikk på ny

utlagt gravplassjord, bør dette optimalt sett utføres med beltegående gravemaskin som har anledning til å løsne opp jorden der den eller andre tyngre maskiner har kjørt på.

### 5.5.3 Drenering og drenslag

Drenslaget tykkelse er planlagt til 0,2 m og anses som tilstrekkelig tykkelse, men kan med fordel økes til 0,3 m slik som ved utvidelsen i 2006. Når det gjelder fraksjon for drenslag anbefales det å heller vurdere bruk av 2-4 mm enn 2-8 mm. Dette vil redusere risiko for at fine partikler vaskes ut og samler seg i de drenerende massenes porerom slik at de drenerende massene til slutt tettes.

Jordmasser under kistebunn (de nedre 30 cm over drenslag) kan med fordel blandes med en noe høyere grusandel enn resterende masser i gravsjikt.

Det bør videre legges duk mellom stedlige masser og tilført dreneringslag. Det bør ikke legges duk mellom drenslag og overliggende masser. Det bør tilsees at drenslaget danner et kontinuerlig lag med kontakt inn til drensledninger.

Fall på drenslag inn mot drensledninger er kritisk og må anlegges etter føringer fra RIVA. Det bør utføres streng kontroll av at drenslaget er homogent og sammenhengende.

### 5.5.4 Kontroll av fortløpende resultater blandingsforhold

Det anbefales å videreføre fremgangsmetode fra tidligere utvidelse av gravlunden [9], med kontroll av massenes kornfordelingskurver for hvert 2000 tonn masse som blandes på anleggsområdet. Resultater for kornforeldingsanalyser tar typisk 1-4 uker, avhengig av laboratoriets kapasitet.

Om det engasjeres geotekniker eller annen fagkyndig for oppfølging av anleggsarbeid vil det være en klar fordel for prosjektet.

## 6 Konklusjon

Øvre matjordlag (Lag 1) lar seg gjenbruke gitt at det tilsettes tilstrekkelig mineralske masser for å opprettholde et kjøpesterkt dekke hele året. Det vurderes videre at det er mulig å gjenbruke noe av de stedlige massene (Lag 2). Det forutsettes at disse massene separeres slik at for grovt materiale skilles ut. For nøyaktige blandingsforhold trengs det informasjon om kvaliteten til de tilførte massene. Det er oppgitt maksimal og minimal kornfordelingskurve for endelige masser i gravsjikt.

Nedre lag (Lag 3) anses som ikke egnet og masseutskiftes i sin helhet. Det må påregnes noe uttak og deponering av fyllitt.

Ferdig utlagte masser skal ikke komprimeres. Gravlunden bør tas i bruk først etter egensetninger kan forventes å ha forløpt. Drenslag skal etableres og det er



kritisk med tilstrekkelig fall mot drensledninger samt at laget skal være sammenhengende.

Geotekniker eller annen fagkyndig bør engasjeres i forbindelse med anleggsarbeid for å sikre at resultatet blir tilfredsstillende. Det foreslås kontroll av kornfordeling for hvert 2000 tonn masse som tilføres.

## 7 Vedlegg

Vedlegg 1 Laboratorierapport

## 8 Referanser

- [1] Kartverket, «Norgeskart,» [Internett]. Available: <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=13&lat=6733295.37&lon=-23943.04&sok=bergen&markerLat=6734395.492422857&markerLon=-31954.455939992215&p=searchOptionsPanel>. [Funnet 2024].
- [2] Smedsvig Landskapsarkitekter, «Tegning L60-01. Landskapsplan Byggetrinn 1. Foreløpig,» 2024.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred - Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» 2020.
- [4] Lovdata, «FOR-1997-01-10-16. Forskrift til lov om gravplasser, kremasjon og gravferd (gravplassforskriften),» Lovdata, 2023.
- [5] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), «Veileder for geoteknisk vurdering ved anleggelse av gravplass,» 2022.
- [6] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), «Rapport 6(70). Nedbrytningsforhold på gravplasser. En sammenfatning av faglig kunnskap og NIBIOs konultasjonsgrunnlag for egnet jord i kistegraver våren 2020,» 2020.
- [7] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), «Egnet jord til kistegraver. Anbefalinger for kistejord, basert på NIBIO rapport Egnet jord til kistegraver,» 2022.
- [8] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), «Rapport 8(97). Egnet jord for kistegraver,» 2022.
- [9] FAGUS Rådgivning, «10/2011(8). Utskiftning av løsmasser i forbindelse med opparbeidelse av gravlunder. Erfaringer fra Hundvåg gravlund i Stavanger,» 2011.
- [10] Lunde, «Kremasjon og gravformer for aske,» 2017.
- [11] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVE Temakart Kvikkleireskredfare,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/>. [Funnet 2024].
- [12] Norges Geologiske Undersøkelse, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/). [Funnet 2024].

- [13] Norges Geologiske Undersøkelse, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: [https://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/). [Funnet 2024].
- [14] Statens Kartverk, «Høydedata,» [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>. [Funnet 2024].
- [15] Multiconsult avd. Noteby, «210747-1. Hundvåg gravlund. Utvidelse mot øst. Grunnundersøkelser, grunnforhold - Geoteknisk vurdering,» 2004.
- [16] Norconsult AS, «Jordkvalitet Hundvåg (gnr./bnr. 7/1),» 2024.
- [17] Smedsvig Landskapsarkitekter AS, «23-3040\_fm\_Hundvåg (dwg),» 2024.
- [18] Multiconsult AS, «10259920-RIG-LAB-RAP-001. Hundvåg gravlund,» 2024.
- [19] Lovdata, «FOR-2004-06-01-931. Forskrift om begrenning av forurensning (Forurensningsforskriften),» 2004.
- [20] Statsforvalteren i Vestfold og Telemark, «2023/12906. Utvidelse Hundvåg gravlund, Stavanger,» 2024.

---

RAPPORT

# Laboratorieundersøkelser

---

OPPDRAAGSGIVER

Smedvig

EMNE

Hundvåg gravlund

DATO / REVISJON: 10. juni 2024 / 00

DOKUMENTKODE: 10259920-RIG-LAB-RAP-001

---



Multiconsult

---

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Laboratorieundersøkelser</b>	DOKUMENTKODE	10259920-RIG-LAB-RAP-001
EMNE	Hundvåg gravlund	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Smedvig</b>	OPPDRAGSLEDER	Alexander Øvrevik Slobodinski
KONTAKTPERSON	Linda Cathrin Olsen	UTARBEIDET AV	Martin Høie
KOORDINATER	Sone: UTM 32 Øst: 312460 Nord: 6544400	ANSVARLIG ENHET	10232011 Geoteknikk FE Sør
GNR./BNR./SNR.	7 / 1 / Stavanger kommune		

## SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Smedvig til å utføre laboratorieundersøkelser på prøver fra grunnundersøkelser ved Hundvåg gravlund. Cowi AS utfører grunnundersøkelsene på vegne av Smedvig.

Foreliggende rapport beskriver utførelse og presenterer resultater fra utførte laboratorieundersøkelser.

00	10.06.2024	Laboratorieundersøkelser	MartinHo	MSK	AOS
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHALDSFORTEGNELSE

1	Bakgrunn .....	5
2	Omfang av laboratorieundersøkelsen .....	5
3	Prosedyrer for gjennomføring .....	5
4	Resultater .....	5
4.1	C01-1 .....	5
4.2	C01-2 .....	6
5	Tegningsliste .....	6
6	Innmålingsdata .....	6

## BILAG

Geoteknisk bilag 2 - Laboratorieforsøk

Geoteknisk bilag 3 - Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

## 1 Bakgrunn

Multiconsult AS har på oppdrag fra Smedvig utført laboratorieundersøkelser for oppdrag «Hundvåg gravlund». Cowi AS utfører oppdraget på vegne av Smedvig. Omfang av undersøkelsen er i henhold til bestilling mottatt 14.05.2024, og er angitt i tabell i kap. 2. Prøvetakingen er utført av Cowi AS og prøvene ble levert til vårt laboratorium i Stavanger 14.05.2024 som poseprøver. Multiconsult har ikke vært involvert i bestemmelse av omfang, verken for prøvetaking eller analyse.

## 2 Omfang av laboratorieundersøkelsen

Laboratorieundersøkelsen ble utført i perioden 14.05 - 24.05.2024 og omfatter følgende undersøkelser:

Undersøkelse	Type	Antall	Merknad/avvik
Prøveåpning	Poser	2	
Korngraderingsanalyse	Poser	1	
Organisk innhold	Poser	2	

## 3 Prosedyrer for gjennomføring

Multiconsult utfører sine laboratorieundersøkelser i henhold til Norsk standard NS 8000-serien og NS-EN ISO 17892 serien, samt vår interne laboratoriehåndbok som er basert på disse. En oversikt over gjeldende standarder er vist i bilag 3.

Gjennomføringen av oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for NS-EN ISO 9000 serien og NS-EN ISO/IEC 17025.

## 4 Resultater

Laboratorieundersøkelsene er utført i henhold til avtalt omfang og resultatene er vist i påfølgende kapitler og vedlagte tegninger.

Merk at prøvetakingen er utført i ett punkt nr. C01. Resultatene fra prøveåpningen er vist på to tegninger pga. overlapp i prøvetakingsdybdene og er kalt C01-1 og C01-2.

### 4.1 C01-1

Smedvig		Hundvåg gravlund										Oppdragsnummer 10259920-01		C01-1		
Multiconsult		Utarbeidet DT		Kontrollert MSL		Godkjent AOS		Revisjon 0		Dato 24.05.2024						
Borpunkt:	C01	Dybde intervall	Dybde	Vann - innhold	Densitet	Korn - densitet	Gledeatap	Utrullings- grense	Flyte - grense	Plastisitet - indeks	Brudd - tøyning	Enaks	Uomrørt konus	Omrørt konus	Sensitivitet	Spesialforsøk
Beskrivelse		z [m]	w [%]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Org. [%]	$w_p$	$w_l$ [%]	$I_p$	$\epsilon_f$ [%]	$C_{uuc}$ [kPa]	$C_{utc}$ [kPa]	$C_{urrc}$	$S_r$		
MATERIALE, sandig, siltig forvitret fyllitt		1,4-1,6	-				0,6									K
			-													
			-													
			-													

## Hundvåg gravlund

## 4.2 C01-2

Smedvig		Hundvåg gravlund										Oppdragsnummer 10259920-01		C01-2		
Multiconsult		Utarbeidet DT		Kontrollert MSL		Godkjent AOS		Revisjon 0		Dato 24.05.2024						
Borpunkt:	C01	Dybde intervall	Dybde	Vann - innhold	Densitet	Korn - densitet	Glødetap	Utrullings - grense	Flyte - grense	Plastisitets - indeks	Brudd - teyning	Enaks	Uomrørt konus	Omrørt konus	Sensitivitet	Spesialforsøk
Beskrivelse		z [m]	w [%]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	Org. [%]	w <sub>p</sub>	w <sub>l</sub> [%]	I <sub>p</sub>	$\epsilon_r$ [%]	C <sub>uuc</sub> [kPa]	C <sub>urc</sub> [kPa]	C <sub>urc</sub> [kPa]	S <sub>r</sub>		
ORG. MATR., grusig, sandig		0,4-0,8	-				6,9									
			-													
			-													
			-													

## 5 Tegningsliste

10259920-RIG-TEG-200	Prøveserie C01-1
10259920-RIG-TEG-201	Prøveserie C01-2
10259920-RIG-TEG-300	Korngraderingsanalyser

## 6 Innmålingsdata

Innmåling av prøvetakingspunktet er oversendt fra Cowi AS. Punktet er målt inn i koordinatsystem Euref 89 UTM 32. Høydekote er ikke målt inn.

Prøvetakingspunkt	x	y
C01	6544402.6	312458.2




Dybde	Jordart	Kt.	Prøve	Test	Vanninnhold og konsistensgrenser (%)											$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Org. (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)						$S_t$ (-)		
					0	10	20	30	40	50	60	0	10	20	30				40	50	60						
0		Ikke innmålt																									
1	MATERIALE, sandig, siltig forvitret fyllitt																										
2				K														0,6									
3																											
4																											
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											
12																											
13																											
14																											
15																											
16																											
17																											
18																											
19																											
20																											

**Symboler:**  
 T: Treaksialforsøk  
 Ø: Ødometerforsøk  
 K: Korngradering  
 Grunnvannstand: Ingen  
 Borbok: Ingen

$\rho$  Densitet  
 $\rho_s$  Korndensitet  
 Org. Organisk innhold  
 $S_t$  Sensitivitet

○ Vanninnhold  
 — Plastisitetsindeks ( $I_p$ )

▽ Uomrørt konus  
 ▼ Omrørt konus  
 Enakssialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

<b>Smedvig</b>	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
	<b>DT</b>	<b>MSL</b>	<b>AOS</b>
<b>Hundvåg gravlund</b>	Borpunkt	Dato	Revisjon
	<b>C01-1</b>	<b>24.05.2024</b>	<b>00</b>
<b>Multiconsult</b>	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	
	<b>10259920-01</b>	<b>RIG-TEG-200</b>	

Dybde	Jordart	Prøve	Test	Vanninnhold og konsistensgrenser (%)													$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Org. (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)						$S_t$ (-)							
				Kt.	Ikke innmålt	0	10	20	30	40	50	60	0	10	20	30				40	50	60											
0																																	
1	ORG. MATR., grusig, sandig																			6,9													
2																																	
3																																	
4																																	
5																																	
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	
11																																	
12																																	
13																																	
14																																	
15																																	
16																																	
17																																	
18																																	
19																																	
20																																	

**Symboler:**

T: Treaksialforsøk  
 Ø: Ødometerforsøk  
 K: Korngradering

$\rho$  Densitet  
 $\rho_s$  Korndensitet  
 Org. Organisk innhold  
 $S_t$  Sensitivitet

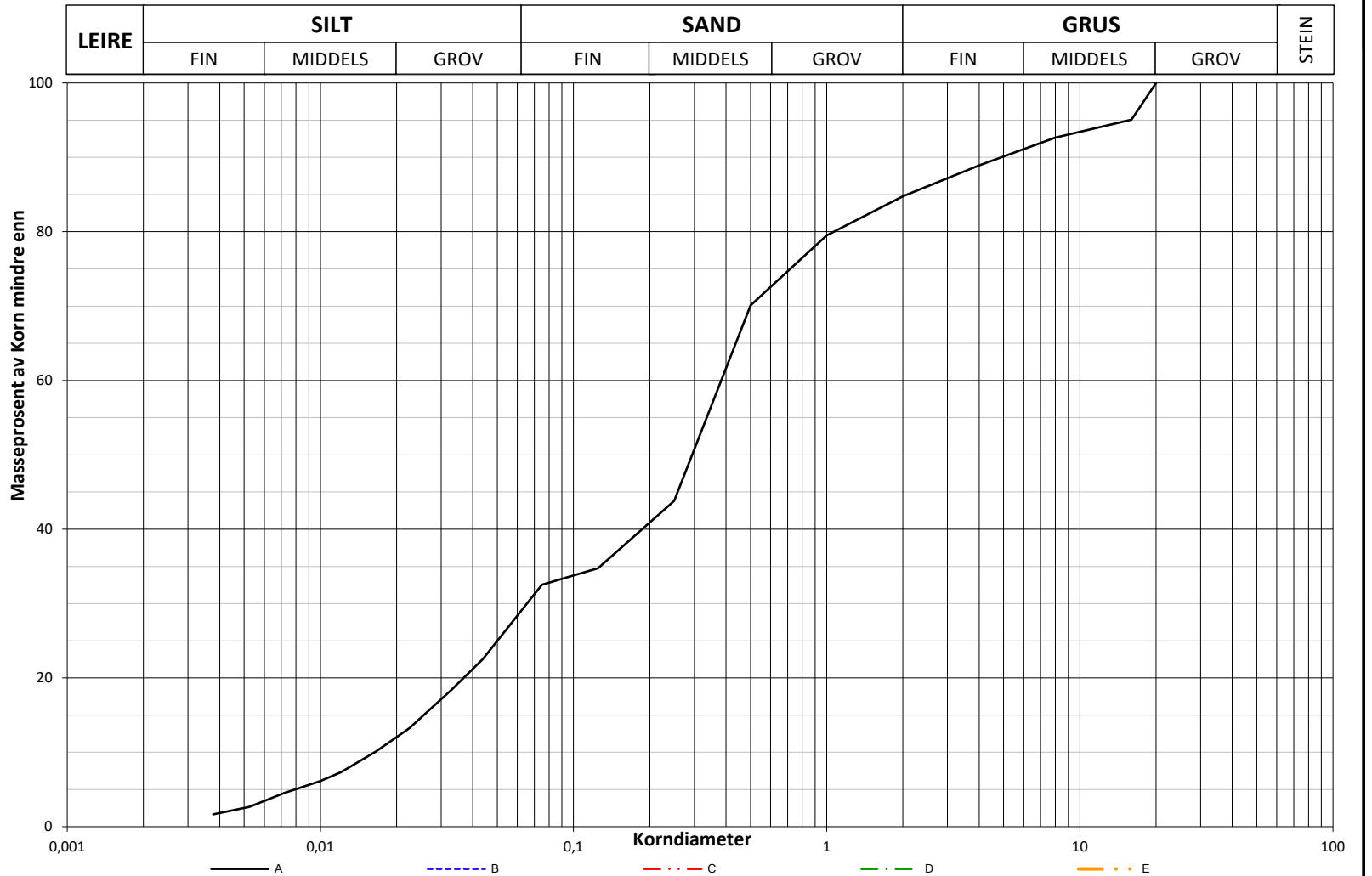
○ Vanninnhold  
 Plastisitetsindeks ( $I_p$ )

▽ Uomrørt konus  
 ▼ Omrørt konus  
 Enaksialforsøk (strek angir aksial tøyning (%) ved brudd)

Grunnvannstand:  
 Borbok: Ingen

Smedvig	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
	DT	MSL	AOS
Hundvåg gravlund	Borpunkt	Dato	Revisjon
	C01-2	24.05.2024	00
Multiconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	
	Prøveserie	10259920-01	RIG-TEG-201

Prøve	Borpunkt	Dybde (m)	*Jordartsbetegnelse	Anmerkinger	Metode		
					TS	VS	HYD
A	C01-1	1,4-1,6	MATERIALE, sandig, siltig	forvitret fyllitt		X	X
B							
C							
D							
E							



METODE:

TS = Tørrsikt

VS = Våtsikt

HYD = Hydrometer

\*Jordartsbetegnelse er basert på massefraksjoner fra tabellen under, avvik fra grafen kan forekomme.

\*\*Telefarlighet er beregnet fra massefraksjonene i tabellen under.

Prøve	w (%)	Glødetap %	**Tele gruppe	Masse % < diameter (mm)			0,002 - 0,063 mm (%)	0,063 - 2 mm (%)	2 - 63 mm (%)	D <sub>10</sub> mm	D <sub>30</sub> mm	D <sub>50</sub> mm	D <sub>60</sub> mm
				< 0,002	< 0,02	< 0,2							
A		0,6	T2		11,9	40,2	28,0	56,7	15,2	0,0164	0,0671	0,3089	0,4040
B													
C													
D													
E													

Smedvig	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
	DT	MSL	AOS
Hundvåg gravlund	Borpunkt	Dato	Revisjon
	C01-1	24.05.2024	0
Multiconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	
	Korngradering	10259920-01	RIG-TEG-300

Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag 3 – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».

## MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene 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 leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

## ORGANISKE JORDARTER

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

Benevnelse	Beskrivelse
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fibrig torv</li> <li>Delvis fibrig torv, mellomtorv</li> <li>Amorf torv, svarttorv</li> </ul>	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene 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 omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det ovre jordlaget

## KORNFORDELINGSANALYSER

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

## VANNINNHOOLD

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

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. Plastisitetsindeksen  $I_p = w_f - w_p$  (%) 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).

## HUMUSINNHOOLD

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

**DENSITET, TYNGDETETHET, PORETALL OG PORØSITET**

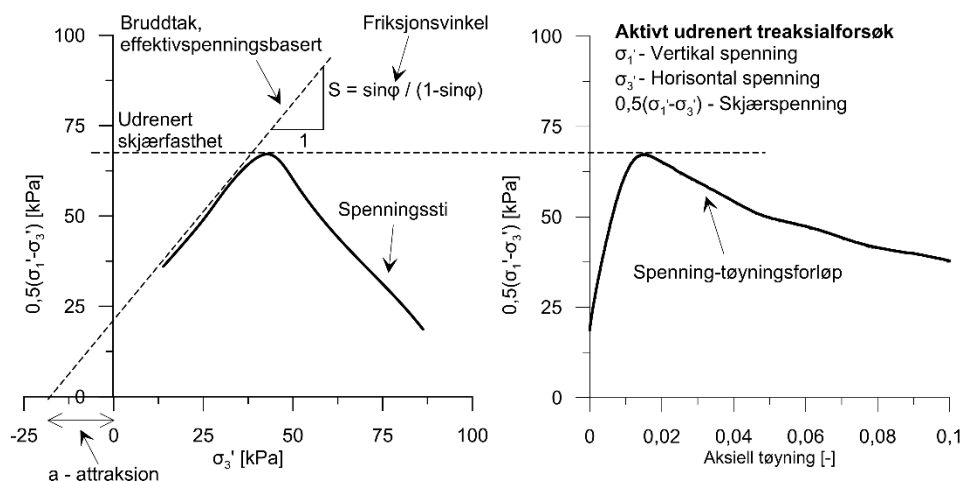
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Densitet	$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del
Korndensitet	$\rho_s$	g/cm <sup>3</sup>	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff
Tørr densitet	$\rho_d$	g/cm <sup>3</sup>	Masse tørt stoff per volumenhet
Tyngdetetthet	$\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	Tyngde av prøve per volumenhet ( $\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$ , der $g$ er tyngdeakselerasjonen)
Spesifikk tyngdetetthet	$\gamma_s$	kN/m <sup>3</sup>	Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ( $\gamma_s = \rho_s g$ )
Tørr tyngdetetthet	$\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	Tyngde av tørt stoff per volumenhet ( $\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$ )
Poretall	$e$	-	Volum av porer dividert med volum av fast stoff ( $e = n/(1-n)$ , $n$ som desimaltall)
Porøsitet	$n$	%	Volum av porer i % av totalt volum av prøven ( $n = e/(1+e)$ )

**SKJÆRFASTHET**

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre  $a$  (attraksjon) og  $\tan \phi$  (friksjon) 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 tøyningutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet  $c_u$  (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk ( $c_{ut}$ ), konusforsøk (uforstyrret  $c_{ufc}$ , omrørt  $c_{urfc}$ ), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv  $c_{uA}$ , avlastning/passiv  $c_{uP}$ ) og direkte skjærforsøk ( $c_{uD}$ ). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) ( $c_{u\text{CPTU}}$ ) eller vingebor (uforstyrret  $c_{uv}$ , omrørt  $c_{uvr}$ ).

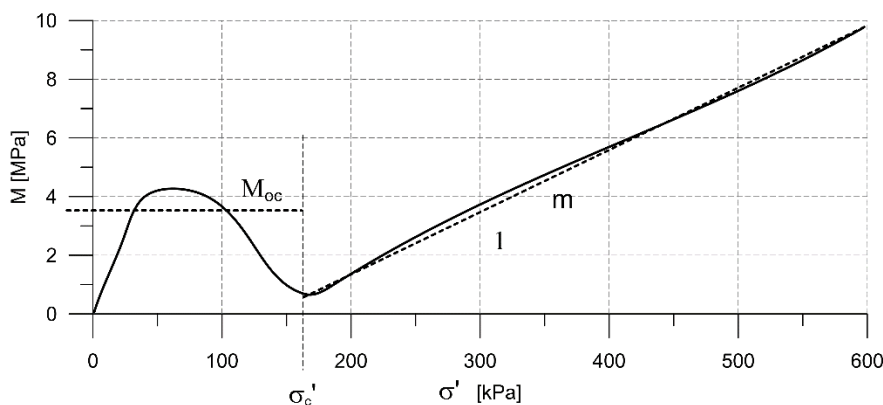


**SENSITIVITET**

Sensitiviteten  $St = c_u/c_r$  uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet ( $c_r < 0,5$  kPa NS8015,  $c_r < 0,33$  kPa ISO 17892-6), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

**DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER**

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning ( $\sigma'$ ). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning  $\varepsilon$ ) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som  $M = \Delta\sigma' / \Delta\varepsilon$ . Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen ( $\sigma'_c$ ). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlaging eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under  $\sigma'_c$  representeres ved en konstant stivhetsmodul  $M_{oc}$ . For spenningsnivåer over  $\sigma'_c$  vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet  $m$ .

**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) etter SVV Håndbok N200.

**KOMPRIMERINGSEGENSKAPER**

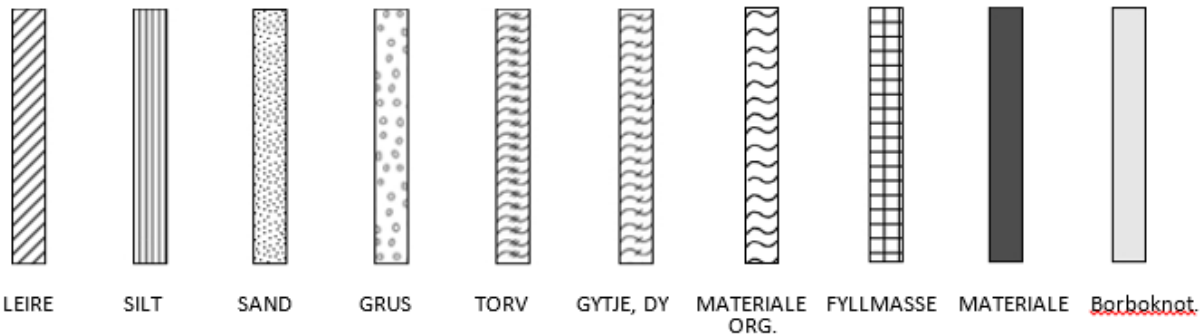
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr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

**PERMEABILITET**

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 samt ødometerforsøk.

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING

Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen skravering for eventuelle notater hentet fra borbok til den gjeldende prøveserien. De ulike skraveringene er som følger:



**NB:** Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet.

**LEIRE:** Leirinnholdet er større enn 15 %

**SILT:** Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

**SAND:** Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

**GRUS:** Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %

**MATERIALE:** Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelse kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse

**TORV:** Mer eller mindre omvandlede planterester

**GYTJE/DY:** Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske

**MATERIALE ORG.:** Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur

**FYLLMASSE:** Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser)

**Borboknotat:** Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv.

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø)

Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer ikke nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert resultater og ytterlig forsøksinformasjon.

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser

Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksimumsgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Vanninnhold $w$		Plastisitetsgrense $w_p$	
		Flytegrense $w_f$	

## OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet

Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksimumsgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Uomrørt konus $c_{urfc}$		Omrørt konus $c_{urfc}$	
Enaksialt trykkforsøk Strek angir aksial tøyning (%) ved brudd		Omrørt konus $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$	0,9

### METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på gjeldende versjon av følgende standarder og referansedokumenter:

Dokument	Tema
NGF Melding 1	SI-enheter
NGF Melding 2, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Symboler og terminologi
NGF Melding 3	Dreiesondering
NGF Melding 4	Vingeboring
NGF Melding 5, NS-EN ISO 22476-1	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF Melding 6	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF Melding 7	Dreietrykksondering
NGF Melding 8	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF Melding 9	Totalsondering
NS-EN ISO 22476-2	Ramsondering
NGF Melding 10	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF Melding 11, NS-EN ISO 22475-1	Prøvetaking
Statens vegvesen Håndbok R211	Feltundersøkelser
NS 8020-1	Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser



### METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

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

Dokument	Tema
NS8000	Konsistensgrenser – terminologi
NS-EN ISO 17892-12:2018	Støtflytegrense
NS-EN ISO 17892-12:2018	Konusflytegrense
NS-EN ISO 17892-12:2018	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004	Svinggrense
NS-EN ISO 17892-4:2016	Kornfordelingsanalyse
NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2:2018	Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering.
NS-EN ISO 17892-2:2014	Densitet
NS-EN ISO 17892-3:2015	Korndensitet
NS-EN ISO 17892-1:2014	Vanninnhold
NS8014	Poretall, porøsitet og metningsgrad
NS-EN ISO 17892-6:2017	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS-EN ISO 17892-7:2018	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS-EN ISO 17892-11:2019	Permeabilitetsforsøk
NS-EN ISO 17892-5:2017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS-EN ISO 17892-8 og -9:2018	Treaksialforsøk (UU, CD)
Statens vegvesen Håndbok R210	Laboratorieundersøkelser