

# NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLLAS

JAN FRIIS



JAN FRIIS, MNIF, MRIF  
ODD S. HOLM, MNIF, MRIF  
GUNNAR DAGESTAD, MNIF, MRIF  
ALF G. ØVERLAND, MNIF, MRIF

RÅDGIVENDE INGENIØRER

ADRESSE: THV. MEYERSGT. 9

TELEFON: SENTRALBORD ~~XXXX~~ 37 28 90

Deres ref.:

Sak nr. og ref.: JSt/R

Oslo 5, 13. juli 1970.

Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat

Politihus på Grønland.

Rapport nr. 2:

Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering.

Tegning nr. 6122-3,-11,-12,-13,-14,-15,-101:

4000-98.

Bilag 1 og 2.

## A. INNLEDNING

Det skal oppføres et nytt Politihus på hjørnet mellom Åkebergveien og Borggata, kfr. situasjons- og borplan tegning nr. 6122-3.

Nybygget er planlagt med en høyblokk og et parkerings- og verkstedbygg. Høyblokken blir i 7-9 etasjer med to fulle kjellere samt en redusert tredje kjeller bestående av en teknisk kulvert og enkelte tekniske rom. Parkeringsbygget blir i en etasje med en til to kjellere.

Utførende arkitekter er Ark. MMAL Telje, Torp og Aasen.

Rådgivende ingeniører i byggeteknikk er Dr.techn. Olav Olsen.

Gjennom Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat er vårt firma engasjert som rådgivende ingeniører i geoteknikk. Våren 1967 utførte vi orienterende grunnundersøkelser for prosjektet med resultat som er fremlagt i vår rapport nr. 6122 av 22. oktober 1968. I april 1970 utførte vi supplerende undersøkelser. Den foreliggende rapport inneholder resultatet av de samlede undersøkelser samt en foreløpig geoteknisk vurdering av prosjektet.

## B. UNDERSØKELSER I MARKEN OG LABORATORIET

For å få en orientering om grunnens relative lagringsfasthet samt dybder til fast grunn eller fjell er det utført enkelte ramsonderinger og et større antall trykk- dreiesonderinger med en beltegående universalsmaskin. Med denne maskinen utføres boringene maskinelt, og nedpressingstrykket registreres automatisk for en viss nedpressings- og andreningshastighet av boret. For å få en sikker bestemmelse av fjellets beliggenhet er det utført en rekke boringer med pressluftdrevet vognbormaskin hvor det er boret ca. 3 m ned i fjell. Videre er det tatt opp prøveserier med 54 mm prøvetaker for laboratoriebestemmelse av grunnens geotekniske data. Det er utført vingeboringer for in-situ måling av leirens udrenerte skjærfasthet.

Grunnvannstanden er observert i piezometre nedsatt i forskjellig dybde under terreng. Piezometrene vil bli stående og observert med jevne mellomrom, også under det fremtidige byggearbeide.

Vi viser til bilag 1 og 2 for nærmere beskrivelse av utstyret, undersøkelsesmetodene og fremstilling av resultatene.

## C. GRUNNFORHOLD

Resultatet av undersøkelsene er vist i profiler på tegningene nr. 6122-11 til og med -14. Profilenes og de enkelte boringers beliggenhet fremgår av situasjons- og borplan, tegning nr. 6122-3.

Prosjektet grenser til Åkebergveien i nord, Borggata i vest og Botsfengselet i sydøst. Terrenget på tomten faller jevnt fra ca. kote 18.5 i øst til ca. kote 11.5 i vest.

De utførte boringer viser at fjelloverflaten er markert ved en nord-sydgående fjellrygg beliggende på tomtens østlige del. Toppen av ryggen ligger i 3-4 m dybde under terreng, på ca. kote 13.0. Øst for ryggen faller fjellet bratt av til ca. kote pluss minus 0, tilsvarende ca. 18.0 m dybde under terreng. Vest for fjellryggen ligger fjellet med noe slakere fall slik at dybdene til fjall i tomtens vestre ende er fra 13 til 17 m, tilsvarende kote minus 3.0 til pluss minus 0.

Prøveseriene og vingeboringene viser at grunnforholdene på tomten er relativt ensartede. Løsmassene består øverst av 2.5 - 4.0 m fast tørrskorpeleire. Under tørrskorpen er det siltig leire som går over i bløt kvikkleire til fjell. De utførte skjærfasthetsmålinger viser at leiren har en fasthet som stort sett ligger mellom 1.0 og 3.0 Mp/m<sup>2</sup> med noe høyere verdier i overgangen til tørrskorpen.

Vanninnholdet i tørrskorpeleiren er moderat og varierer mellom 20 - 30 %. Den underliggende leire har et vanninnhold på 30 - 40 %, som tilsier at massene er middels kompressible.

Man må regne med at det over fjell kan ligge sand- og gruslag.

Grunnen består av meget telefarlige masser og må klassifiseres i telegruppe T4.

Geologisk kart over Kristiania by (Norges geol. undersøkelse 1898) viser at det er funnet alunskifer under Botsfengselet. Det bør tas prøver av fjellet og grunnvannet for å undersøke aggressiviteten. Inntil slike prøver er tatt bør man forutsette at alunskiferen er aggressiv overfor betong.

Piezometerobservasjonene viser at grunnvannspeilet faller av fra øst mot vest med noe sterkere fall enn terrenget. I juni 1970 ble grunnvannstanden i piezometrene beliggende i tomtens østlige del observert på kote 15.5 - 16 (2 - 2.5 m under terreng). I vest lå grunnvannet på ca. kote 12 (4 m under terreng). Piezometre ned-satt til fjell viser at det i den nordøstre delen er et tilsvarende undertrykk. Vi gjør oppmerksom på at vannstanden vil variere noe med årstid og nedbørsforhold.

#### D. FUNDAMENTERING

Bygget skal i sin helhet fundamenteres til fjell. Under midtpartiet ligger fjellet så høyt at bygget blir liggende direkte på fjell. Forøvrig kan det benyttes peler og/eller pilarer til fjell.

Tillatt fundamenttrykk på fast rensket fjell bør ikke overstige ca. 50 kp/cm<sup>2</sup>.

Der hvor bygget blir liggende direkte på fjell bør man foreløpig regne med at dette må isoleres med asfalt og at det må benyttes sulfatresistent cement i betongkonstruksjonene til ca. 1 m høyde over grunnvannstanden. Endelig avgjørelse vil bli tatt etter at prøver av fjellet og grunnvannet er analysert.

#### E. UTGRAVING OG SPRENGNINGSARBEIDER

Bygget er prosjektert med to delvis fulle kjellere og en mindre tredje kjeller som skal inneholde enkelte tekniske rom.

Langs den sydvestre del av høyblokken kan utgravingen foretas i åpen grop forutsatt at terrenget avlastes bakover. Øst for fjellryggen (hvor det skal være tre kjellere) og mot Åkerbergveien blir gravedybden så store at det er fare for bunnoppressing. Utgravingen for denne delen vil derfor måtte skje innenfor spunt som er rammet til fjell og forankret og fordyblet. Mot Borggata er utførelsen avhengig av antall kjellere som skal anlegges. Med mer enn én kjeller er det også her nødvendig å sikre byggegropen ved hjelp av stålspunt som rammes til fjell.

På den østlige del av tomten var det opprinnelig planlagt tre kjellere, hvilket hadde medført at byggegropen måtte sikres til fjell. Da dybdene til fjell tildels er over 18 m ville det ikke være mulig å utføre dette ved hjelp av stålspunt eller andre konvensjonelle sikringsmetoder. Det er mulig at en slik utgraving kan utføres innenfor en in-situ-støpt "betongslissevegg". I prinsippet går dette ut på at man seksjonsvis graver ut en smal grøft til fjell som støpes opp med betong. For å holde sidene i grøften stabile under utgravingen må arbeidet utføres i væskefylt grøft.

Utførte omkostningsoverslag viser at metoden i dette tilfelle ikke ligger innenfor en teknisk/økonomisk ramme. Man har derfor utelatt de to nedre kjellerne i den østlige del av parkeringsbygget.

For å få tilstrekkelig bæredyktighet for fundamenteringsmaskinene må man regne med å utføre fundamenteringen fra et nivå som ikke ligger dypere enn ca. 3 m under nåværende terreng.

Sprengningsarbeidet byr ikke på spesielle problemer, men det må tas noe hensyn til bløte masser, spunt og avstivninger slik at ikke rystelser kan forårsake glidninger eller andre brudd.

Det er neppe fare for rystelseskader på nabobygninger, men man må være forberedt på at såvel spanting og peling som sprengning vil kunne føles. Erfaringsmessig bør det derfor regnes med noe rystelsesmålinger for å sikre seg mot uberettigede krav fra naboenes side.

#### F. DRENASJE. TILBAKEFYLLING

Bygget skal utføres med permanent drenasje. Drenasjen bør legges så høyt at grunnvannsenkningen blir minst mulig. Vi vil anbefale at drenasjen i den østre delen legges i underkant 1. etasje på ca. kote 15.0. I den vestre delen kan det dreneres til underkant 1. kjeller på ca. kote 11.0.

Drenasjen kan utføres av betong mufferør lagt med åpne skjøter og med singel over skjøtene. Rundt rør og singellag legges et filter av velgradert grus, som vist i prinsipp på tegning nr. 4000-98. Krav til filtermateriale fremgår av tegning nr. 6122-101. Over drenasjen skal tilbakefylling inntil yttervegger utføres med velgradert grus.

På partier hvor bygget blir liggende direkte på fjell kan det oppstå lekkasjeproblemer i fjellet med tilhørende grunnvannsenkning. For å redusere utdrenering av fjellet kan det legges en tetningsskjerm av leire på yttersiden av kjellerveggen. Hvis fjellet er oppsprukket og vannførende kan det bli nødvendig å foreta ytterligere tetning ved injisering. Slike tetningstiltak vil også redusere risikoen for svelling av eventuell alunskifer.

Tilbakefylling kan utføres med utgravd tørrskorpeleire eller sprengstein som legges ut i lag og komprimeres. Tørrskorpeleiren må legges ut i jordfuktig tilstand og i tørt vær da den ellers vanskelig lar seg komprimere. Alunskifer må ikke benyttes i tilbakefylling.

#### G. SAMMENDRAG

Grunnundersøkelsene på tomten for det nye Politihuset viser at grunnforholdene er forholdsvis ensartede. Under et 2.5-4 m tykt lag med fast tørrskorpe er det siltig leire som går over i kvikkleire til fjell. Fjelloverflaten er markert ved en nord-sydgående fjellrygg på tomtens østre del. Dybdene til fjell varierer mellom 3 og 18 m.

Bygget skal i sin helhet fundamenteres på fjell, dels direkte og dels på peler og/eller pilarer.

Utgravingen kan dels utføres i åpen byggegrop og dels vil det være nødvendig å sikre groppen til fjell ved hjelp av avstivet spunt. Sprengningsarbeidet vil ikke by på spesielle problemer.

En detaljert behandling av grunnarbeidene vil bli utført i samråd med arkitekt og øvrige konsulenter under det videre prosjekteringsarbeidet.

NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S  
Jan Friis

  
O.S. Holm

  
J. Storaas

## Boringsutstyr. Opplegning av resultatet av sonderboringer

### HENSIKTEN MED MARKARBEIDET

Sonderboringer med forskjellige typer redskap brukes for å få den første orientering om dybdene til fjell eller fast grunn samt art og lagringsfasthet av massen. Ved sonderboringerne finnes «antatt fjell» og orienterende verdier for massens geotekniske egenskaper.

Ved prøvetaking og laboratorieundersøkelsen av prøvene fås nøyaktige data for prøvenes geotekniske egenskaper. Proveseriene plasseres på grunnlag av resultatet av sonderboringerne og det foreliggende tekniske problem, slik at de best mulig blir representative for byggegrunnen.

Undersøkelsene i marken kan foruten sonderboring og prøvetaking omfatte måling av grunnvannstanden eller porevannstrykket ved piezometere, vinge-boring for skjærfasthetsbestemmelse, belastningsforsøk direkte på grunnen eller på peler, setningsobservasjoner osv.

### DREIEBOR

er 20 mm spesialstål i 1 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter og som nederst har en 30 mm skruespiss. Boret belastes med 100 kg og dreies ned for hånd eller motor.

Motstanden mot boret tegnes opp med en tverrstrekk på borhullet dit borspissen er nådd for hver 100 halve omdreining. Antall halve omdreininger påføres høyre side av borhullet.

Skravert borhull angir at boret er sunket uten dreining for den belastning som er påført venstre side av borhullet. Er borhullet merket med kryss betyr det at boret er slått ned.

Dreiboret gir forholdsvis god orientering om art og lagringsfasthet av den masse som det bores gjennom.

### RAMSONDERING

utføres med 32 mm borestål i 3 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter og som nederst har en 40 mm sylindrisk spiss. Boret rammes ned ved hjelp av et fallodd på 75 kg, som føres på borstangen og drives av en motornokk.

Rammearbeidet registreres som det antall slag med fallhøyde 50 cm som skal til for å drive boret ned 50 cm. Resultatet tegnes opp ved å avsette rammemotstanden

$$Q_0 = \frac{\text{Vekt av lodd} \times \text{fallhøyde}}{\text{Synkning pr. slag}} \quad (\text{tm/m})$$

som funksjon av dybden.

$Q_0 = 1-3$  tm/m tilsvarer en løs grunn.

$Q_0 = 10-20$  tm/m tilsvarer en fast grunn.

Ramboret har normalt større nedtrengningsevne enn dreieboret, men gir mindre pålitelige opplysninger om arten av jordmassene. Ramboret gir gode opplysninger om den dybde peler må rammes til for å oppnå den forutsatte bæreevne.

### SPYLEBOR

består av 3/4" rør som spyles ned i grunnen ved hjelp av trykkvann fra ledningsnett eller fra en motorpumpe. Spyleboret er nederst forsynt med en spylespiss med tilbakeslagsventil og øverst en vannsvivel. Spyleboret er egnet for oppsøking av fjell i finkornet masse, men boret stopper lett i grove masser. Spyleboret gir i alminnelighet ikke pålitelige opplysninger om grunnens art.

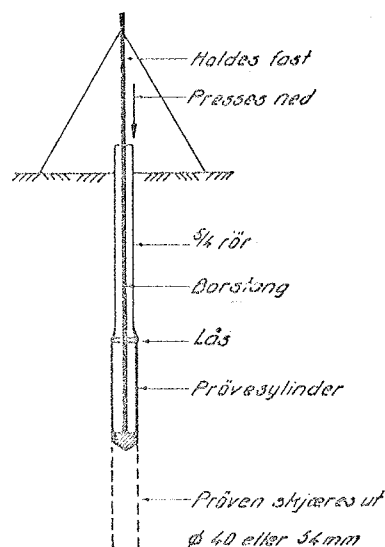
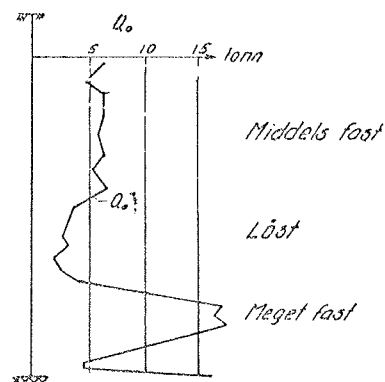
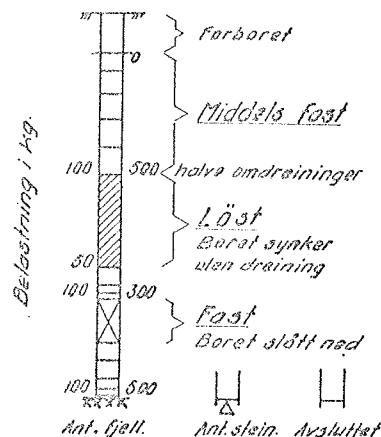
### PRØVETAKING

De vanlig brukte prøvetakere er 40 og 54 mm stempelbor. Begge prøvetakere består av en tynnvegget sylinder, som forbindes opp til terrengoverflaten ved hjelp av 5/4" rør. Nederst i sylindren er et stempel som er forbundet til overflaten med borstenger. Stempelet er fastlåst i sylindrens nedre ende når prøvetakeren presses ned til ønsket dybde. Når en prøve skal tas, frigjøres låsen, stempelet holdes fast og sylindren presses ned ved hjelp av forlengelsesrørene og skjærer ut prøven.

Prøvetakeren trekkes opp og etter forsegling med voks blir prøvene sendt til laboratoriet for undersøkelse.

### RAM-PRØVETAKERE

brukes i meget fast masse. De er i prinsippet som 40 og 54 mm prøvetaker, men vesentlig solidere, slik at de kan rammes ned i grunnen. Prøvene blir ikke uforstyrrede, men blir representative for grunnen hva de øvrige geotekniske egenskaper angår.

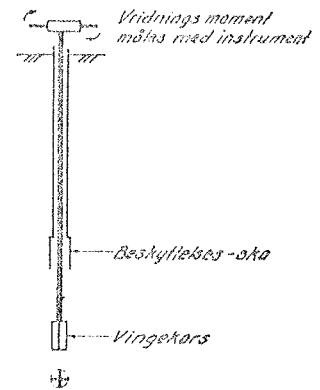


### RØRKJERNEBOR

(tubkjernebor) brukes til prøvetaking i faste masser. Et 3" foringsrør med spesiell sko og slagstykke rammes ned med et 150 kg fallodd. Prover av massen trengs opp gjennom skoen og inn i et indre rør som av og til tas opp og tomnes for prøvemasse.

### VINGEBOR

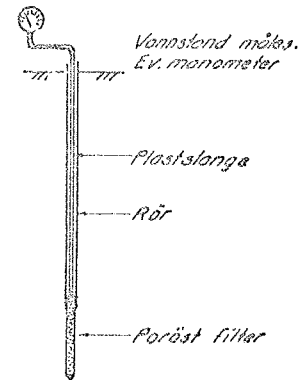
brukes for direkte bestemmelse av leirens skjærfasthet i marken uten å ta opp prøver. Et vingekorset som ligger inne i en beskyttelsessko føres ned til 60 cm over den dybde det skal måles og vingekorset skyves ut av beskyttelsesskoen og ned i leiren. Vingekorset er forbundet opp med borstenger, som gjør det mulig å dreie vingekorset rundt ved hjelp av et instrument som samtidig registrerer det maksimale torsjonsmoment ved brudd i leirmassen rundt vingekorset. Skjærfastheten finnes av en kalibreringskurve.



### PORETRYKKSMÅLING. BESTEMMELSE AV GRUNNVANNSTANDEN

Et piezometer for måling av porevannstrykket eller grunnvannstanden er et sylindrisk porøst filter med 32 mm diameter. Filteret presses ned i bakken ved hjelp av forlengelsesrør. Fra filteret går et stigerør av plast gjennom røret. Poretrykket bestemmes ved måling av vannstanden i røret ved et elektrisk instrument eller ved et tilkoblet manometer.

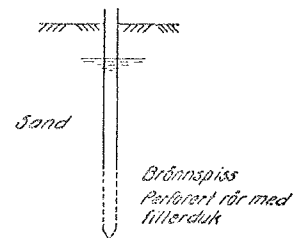
En brønsspiss brukes til å finne grunnvannstanden i grov sand og grus. Vannstanden måles direkte i røret.



### FJELLKONTROLLBORING

foregår med vognbormaskiner av type Atlas Copco BVB-21. Bormaskinen er montert på en foring på en vogn. Mating og opptrekk skjer via kjedetrekk fra en luftmotor. Til boringen brukes 32 mm borstenger i 3 m lengder, som skjotes ved hjelp av muffer med repgjenger. Det brukes vanligvis 48 mm hardmetallkrysskjær og vannspyling. Maskinen krever en ca. 9 m<sup>3</sup>/min. kompressor og 6 atø lufttrykk.

Med dette utstyr kan bores gjennom all slags grunn, fra leire til steinfylling. Overgangen mellom los masse og fjell konstateres ved øket bormotstand og ved at boringen gir jevn fremdrift i fjell. Det bores vanligvis 3—5 m ned i fjellet for å påvise fjellets beliggenhet med full sikkerhet.



### ROTASJONSBORING

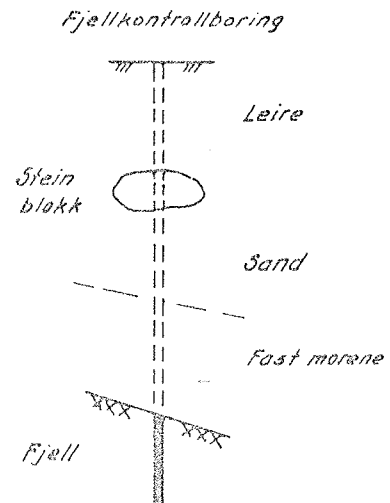
foregår ved hjelp av en diamantbormaskin, som roterer og mater et rør ned gjennom massen. Røret er nederst påskrudd hardmetall- eller diamantkroner. Inne i røret føres borstenger som nederst har et kjernerør med påskrudd hardmetall- eller diamantkroner for boring gjennom større stein og for boring ned i fjellet for påvisning av fjellets beliggenhet med full sikkerhet. Man får kjerner av større stein og av fjellet, men kun lite representative prøver av den masse som ligger over fjellet. Til kjøling av kronen og stabilisering av borchullet brukes enten vannspyling eller spyling med tung borvæske.

### HJELPEUTSTYR

består av rør av forskjellig art som kan senkes, spyles eller rammes ned i grunnen for utforing av borchullet, og som ofte er forsynt med en rammespiss som kan tas ut av røret når dette er rammet ned til ønsket dybde.

Tung borveske brukes i stor utstrekning ved prøvetaking i sand og grus. Borvesken består bl. a. av oppslemmet bentonit eller leire og hindrer borchull i sand fra å rase sammen.

I spesielle tilfeller blir borvesken pumpet ned gjennom en meisel som løsner massene ved bunnen av borchullet.



Det brukes motornokker, motorpumper og bortårn som muliggjør at redskapen kan heises opp til 20 m i luften over bakken uten å skru av rør.

Nedtrykkningsåk og forankringsrammer, sandpumper, verktøy, arbeidsbrakker osv. er vanlig hjelpeutstyr.



## Geotekniske definisjoner. Laboratorieundersøkelse av prøver

### LEIRE

et meget finkornig materiale med kornstørrelser ned til noen tusendels millimeter, og hvor omtrent halvparten av volumet opptas av vann. Ved en økning av astningen oppstår porevannstrykk, som etterhvert ebber ut. Denne konsolidering over tid og medfører setninger og bare en langsom økning i fasthet.

### LEIR

et grovkornet materiale, hvor porene kan utgjøre 20—60 % av volumet. Ved belastningsøkning vil porevannstrykket straks dreneres ut og setningene og thetsøkningen kommer raskt.

LEIR (MOSAND og MJELE eller KVABB) er mellomjordarter med kornstørrelse 6—0,002 mm.

### LEIRE

en usortert istidsavleiring inneholdende alle kornstørrelser fra leire til store stein. Den skilles mellom grusig, sandig og siltig morene samt moreneleire ut i fra den størrelsen som dominerer jordarten.

### SKJÆRFESTHETEN ( $k$ , $S_u$ eller $\tau_f$ )

en leire bestemmes ved konusforsøk eller ved trykkforsøk med uhindret sideidelse på uforstyrrede prøver. Ved trykkforsøket settes skjærfastheten lik halve kfastheten. Ved konusforsøket måles nedsynken av en konus med bestemt m og vekt og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell.

I konusforsøk, enaksiale trykkforsøk eller vingebor bestemmes den udrenerte rfasthet hvis anvendelse i geotekniske beregninger er betinget av at belastgene påføres såvidt hurtig at jordarten ikke får anledning til å avgi eller oppta n og endre sin skjærfasthet tilsvarende.

erfastheten uttrykkes i t/m<sup>2</sup> og opetegnes oftest i diagram på tegningene med ivelse av bruddformasjonen.

### SKJÆRFESTHETSPARAMETRENE ( $c'$ og $\varphi'$ )

Isynelatende kohesjon og friksjonsvinkel» bestemmes ved triaksialforsøk og ir hvorledes skjærfastheten varierer med spenningen. En sylindrisk prøve omtes med en gummihud og får konsolidere med fri drenering under allsidig atrykk i en trykkselle. Prøven blir dernest belastet aksialt til brudd, mens vannstrykket måles. Resultatet av flere forsøk med forskjellige konsoliderings- ik fremstilles i et Mohr's diagram hvor skjærfastheten angis som funksjon av ffektive hovedspenninger.

erfasthetsparametrene må kjennes for å kunne utføre beregninger hvor det må hensyn til endringene i grunnens skjærfasthet som følge av endringer i belastene og porevannstrykket.

### SENSITIVITETEN ( $S$ )

forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og i omrørt and, som bestemt ved konusforsøk. Sensitiviteten varierer vanligvis ved norske r mellom verdier på ca. 3 til verdier større enn 100 (kvikkleirer).

### UNNSAMMENLIGNINGSTALL ( $H_1$ )

Sammenligningstall som gir uttrykk for hvor løs en leire er i omrørt tilstand. bestemmes ved konusforsøk og varierer vanligvis mellom verdier på ca. 80 til ier under 1.

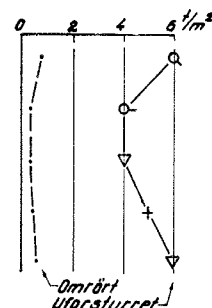
efinerer en kvikkleire som en leire med  $H_1$  mindre enn 3.0, hvilket tilsvarer lytende konsistens.

### VANNINNHALDET ( $W$ )

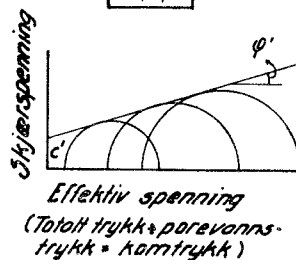
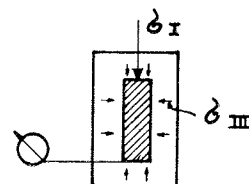
er vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved ng under 110° C.

sandprøver kan det bero på tilfeldigheter hvor meget vann det er i porene. igvis oppgis det vanninnhold som tilsvarer vannfylte porer ved den målte itet.

nalt vanninnhold i norske leirer ligger på omkring 35 %. Høyt vanninnhold : på høy kompressibilitet.



○ Trykkforsøk  
15-10 % deformasjon ved brudd  
▽ Konusforsøk  
+ Vingebor



**FLYTEGRENSE ( $W_L$ ) og UTRULLINGSGRENSE ( $W_P$ )**

(Atterbergs grenser) er det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til flytende konsistens henholdsvis fra plastisk til smuldrende konsistens.

Vanninnhold, flytegrense og utrullingsgrense settes gjerne opp i et felles diagram, som gir oversikt over karakteristiske egenskaper ved leirlagene.

**PORØSITETEN ( $n$ )**

er volumet av prøvene i % av totalvolumet av prøven. En leire har normalt porøsitet på omkring 50 %. En sand kan ha porøsiteter fra ca. 20 % til ca. 60 %. En høy porøsitet tyder på høy kompressibilitet.

**PORETALLET ( $e$ )**

er definert som forholdet mellom porevolumet og volumet av fast stoff i en prøve.

**ROMVEKTEN ( $\gamma$ )**

er vekten pr. volumenhet av prøven. Romvekt, vanninnhold og porøsitet er sammenhengende verdier ved vannfylte prøver og er alle uttrykk for lagringsfastheten

**TØRR ROMVEKT ( $\gamma_D$ )**

er vekten av tørrstoffet pr. volumenhet av en prøve.

**PAKNINGSFORSØK (Proctor-forsøk)**

utføres for å bestemme hvorledes en jordart best kan komprimeres (sammenpakkes). Prøver av den masse som skal undersøkes innstemples i en sylinder ved forskjellige vanninnhold. Komprimeringsarbeidet holdes konstant (6 kgm/cm<sup>3</sup> eller 25 kgm/cm<sup>3</sup>) og for hvert forsøk bestemmes tørr romvekt og vanninnholdet. Resultatene fremstilles i et diagram der tørr romvekt vises som funksjon av vanninnholdet.

Proctor-maksimum er den maksimalt oppnådde tørre romvekt. Det tilsvarende vanninnhold betegnes som det optimale vanninnhold.

**HUMUSINNHALDET ( $o$ )**

blir bestemt ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humusferte organiske bestanddeler tilnærmet i % av tørrstoff. Det tallmessige uttrykk har sin verdi bare for sammenligning. Høye humusinnhold på 2—3 % gir høy kompressibilitet og lang konsolideringstid.

**KOMPRESSIBILITETEN**

måles ved ødometerforsøk, hvor en leirprøve påføres belastning trinnvis og sammentrykningen avleses på hvert belastningstrinn for bestemte tidsintervaller. Ved forsøket bestemmes jordartens sammentrykningstall og konsolideringskoeffisient som gir grunnlag for beregning av setningenes størrelse og tidsforløp.

**KORNFORDELINGSANALYSE**

utføres ved siktning fra fraksjonene større enn 0,012 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes i vann og suspensjonens romvekt måles med bestemte tidsintervaller ved et hydrometer. Kornfordelingskurven beregnes ut fra Stokes lov om partiklers sedimentasjonshastighet.

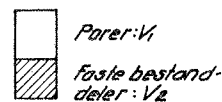
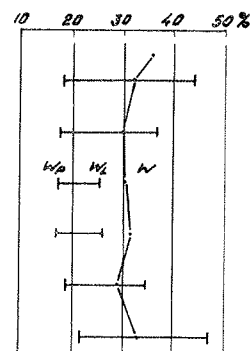
**TELEFARLIGHET**

bestemmes ut fra kornfordelingsanalysen og den kapillære stighøyde i massen som måles i et kapillarmeter. Telefaryligheten graderes i gruppene T 1 (ikke telefarlig, T 2 (lite telefarlig), T 3 (middels telefarlig) og T 4 (meget telefarlig).

**PERMEABILITETSKOEFFISIENTEN ( $k$ )**

er definert ved Darcys lov,  $V = k \cdot I$ , hvor  $V$  er strømningshastigheten av porevannet og  $I$  er gradienten.  $k$  uttrykkes vanligvis i cm/sek. og ligger for leirer i området  $10^{-6}$  til  $10^{-9}$  cm/sek. og for sand i området  $10^{-1}$  til  $10^{-3}$  cm/sek. Under en gradient på  $I = 1$  kan strømningshastigheten i fet leire følgelig være så liten som 1 cm i året.

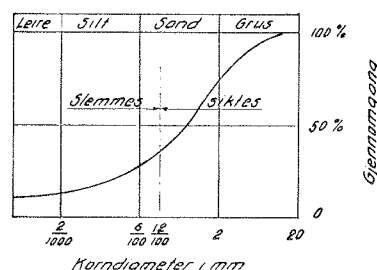
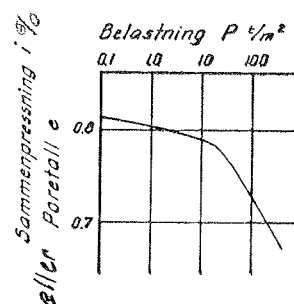
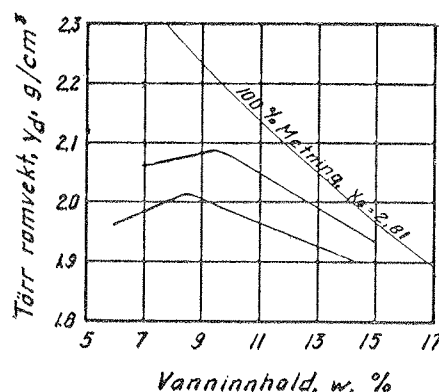
Permeabilitetskoeffisienten kan beregnes ut fra tidsforløpet ved ødometerforsøk eller kan bestemmes ved direkte forsøk, hvor det måles den vannmengde som går gjennom en prøve med et bestemt tverrsnitt under kjent trykkfall.



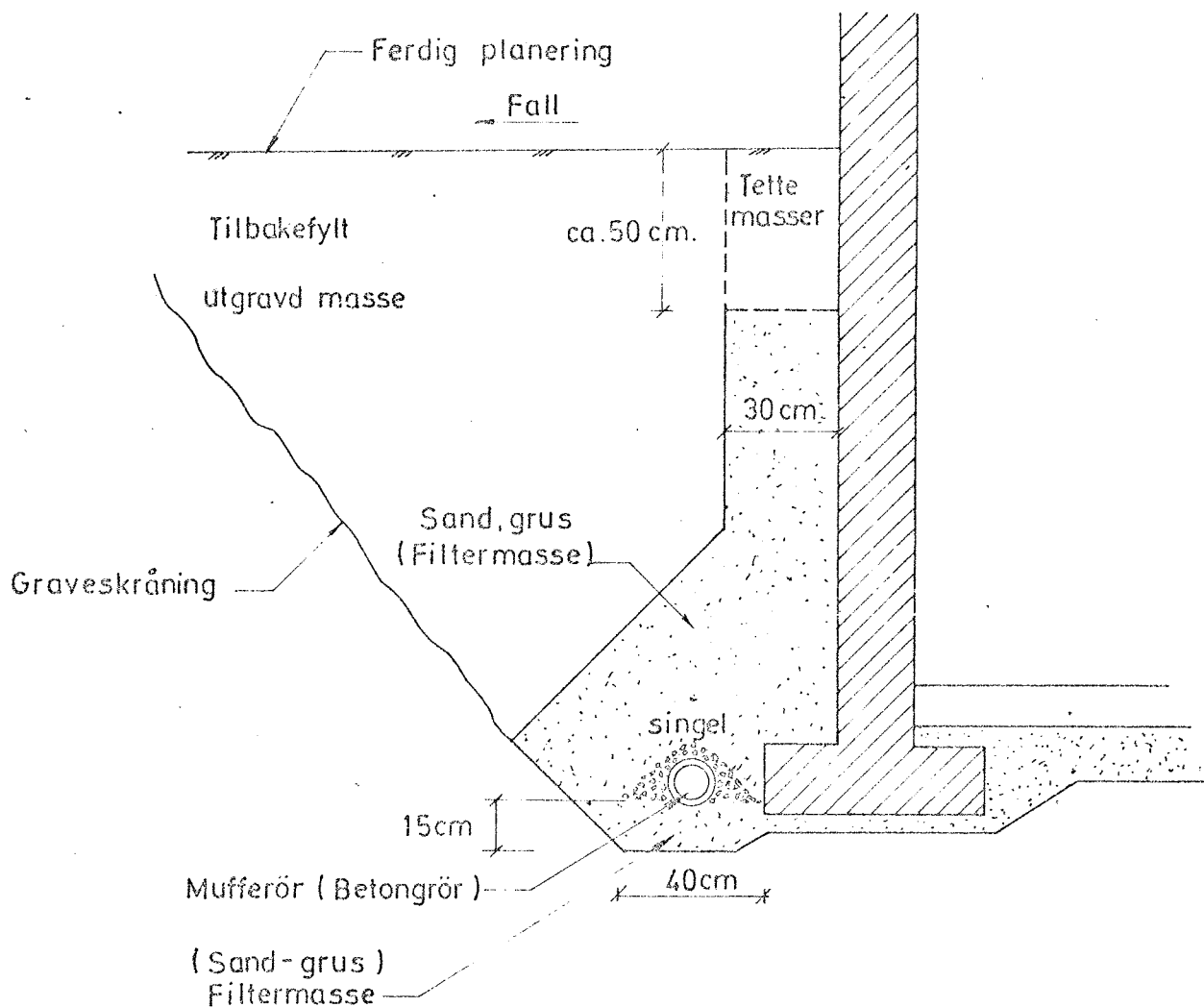
$$n = \frac{V_1 \cdot 100}{V_1 + V_2}$$

$$e = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n}{1-n}$$

$$w = \frac{n}{1-n} \cdot \frac{1}{\gamma_s} \%$$



Ang.: Drenasje langs grunnmur - Prinsippskisse M=1:20



Merknader:

1. Det bør normalt anvendes 4" - 6". betongmufferør. Dersom grunnvannet er aggressivt, (myr, sulfatholdig grunnvann e.l.) benyttes spesielle rør av motstandsdyktig materiale.
2. Rørenden settes halvt inn i muffen og sentreres, f.eks. ved hjelp av små stein i muffen.
3. Rørskjøtene skal dekket med ren singel.  
Glassvatt, treull eller andre organiske materialer skal ikke anvendes over rørskjøtene.
4. Filtermasse av sand og grus i rørsengen og over rørene skal hindre at finkornede masser (finsand, silt og leire) vaskes inn i rørene. Det skal benyttes filtermasse med kornfordeling som er avpasset etter de masser som skal dreneres (kfr. filterkrav).
5. Det skal være forbindelse fra grus- eller kultlag under kjellergulvet til drenasjesystemet.

NORSK TEKNISK  
BYGGEKONTROLL A/S  
JAN FRILS  
Oslo - Tel. 689290

KORNGRADERING M. M. FOR PRØVER  
AV JORD, SAND, GRUS EL. TILSLAG  
LABORATORIUM:

OPPDRAGSGIVER, PROSJEKTANLEGG

Nytt Politihus  
Grønland

PRØVE NR., TATT HVOR, NÅR, AV HVEM

① Grensekurver for filtermateriale  
②

Br. vekt

TILSLAGS-  
FRAKSJON

FINN TILSLAG

GROVT TILSLAG

BETONG-  
TEKNOLOGI

JORDARTS-  
FRAKSJON

LEIRE

Filler

GRØV

SAND

GRØV

GRUS

STEIN

GEOTEKNIKK

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

64

100

100

100

100

100

100

100

100

90

80

70

60

50

40

30

20

10

0

0.001

0.01

0.1

1

10

</