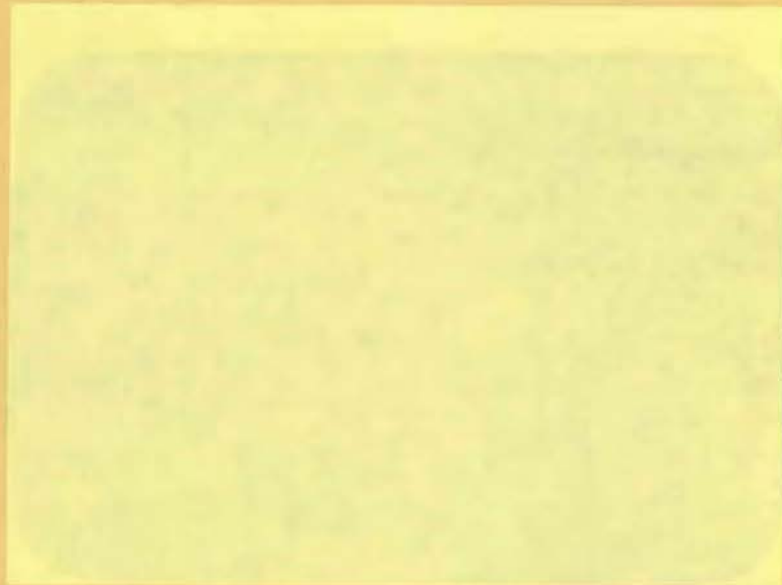


Tilhører Undergrunnskartverket
MÅ ikke fjernes



NV: D2 IV

oversikt



OSLO KOMMUNE
GEOTEKNISK KONTOR



OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor
KINGOS GT. 22, OSLO 4
Telf. 35 59 60

RAPPORT OVER:

HOVEDKLOAKKTUNNEL LYSAKER-MAJORSTUA

R-1065-24 2. aug. 1983.

Del 24: Grunnundersøkelser og vurdering av setninger i
Fagertunveien 5.

INNHold:

SAMMENDRAG	Side	2
INNLEDNING	"	3
MARKARBEID	"	3
LABORATORIEUNDERSØKELSER	"	4
Tolking av ødometerforsøk	"	4
TERRENG OG GRUNNFORHOLD	"	5
Poretrykk og grunnvann	"	5
SETNINGER	"	7
Måleresultater	"	7
Beregningsanslag	"	8
SETNINGSSKADER	"	9
Bygninger	"	9
Drenssystem	"	10

- Bilag 0: Beskrivelse av bormetoder og laboratorieundersøkelser
- " 141: Oversikt løsmasser og målinger
- " 142: Profiler m/sonderresultater
- " 143: Poretrykkmålinger Pz 24A og B
- " 144: Borprofil hull 10
- " 145-
- " 149: Ødometerforsøk hull 10
- " 150: Spenningsdiagram v/Pz 24
- " 151: Nivellement av høydeforskjeller på gulv
- " 152: Situasjons- og borplan

SAMMENDRAG

Foreliggende rapport omfatter grunnundersøkelser, vurdering av inntrufne setninger og årsaken til disse, samt utsiktene til ytterligere setninger i framtiden i Fagertunveien 5.

Det er avdekket et meget ugunstig fjellforløp på eiendommen, med antatt fjell 1-2 m under terreng ved nordvestre hjørne av Fagertunveien 5a, og 13-14 m til antatt fjell i sydenden av seksjon 5d. Grunnen består i flg. opptatte prøver av tørrskorpe og fast leire de øverste 5 meter, og derunder bløt og middels fast leire med enkelte sandholdige lag. Leiren synes å være endel forkonsolidert selv på større dyp, noe som har medført at den ikke er utpreget kompressibel.

Poretrykket har ikke vært målt i umiddelbar nærhet av Fagertunveien 5 før hovedkloakktunnelen i 1975 ble boret ca. 100 m vest for eiendommen. Målinger i området forøvrig, samt senere tids målinger i Fagertunveien 5, tyder på at hovedkloakktunnelen har medført redusert poretrykk på eiendommen. Ved fjell svarer poretrykkreduksjonen antakelig til 4-5 m redusert vannstand.

I h.h. til teoretiske beregninger svarer dette til 7 cm setninger der fjellet ligger dypest. Flere beregningsforutsetninger og inngangsparametre er imidlertid meget usikre.

Helningsmålinger av gulv utført i 1978/79, samt setningsmålinger på en del andre eiendommer i området, tyder på at setningene nå kan ha kommet opp i størrelsesorden 15 cm på det meste.


Setninger av en slik størrelse må med det påviste ugunstige fjellforløp forventes å medføre betydelige skader på bygningene i form av sprekker og skjevheter.

Teoretiske beregninger som bygger på et usikkert grunnlag, antyder at i størrelsesorden 3/4 av de forventede langtidssetningene nå har påløpt. Målinger på andre hus i området kan også tyde på at noe framtidige setninger må forventes. Vi antar imidlertid at de framtidige setningene vil bli forholdsvis små i forhold til de som allerede har inntruffet.

De inntrufne setninger har etter alt å dømme medført bedret fall på drensledninger langs grunnmurer. Det er ingen ting som skulle tyde på at fuktproblemer i kjellere har sammenheng med drenasje til hovedkloakktunnelen.

GEOTEKNISK KONTOR


O. Tokheim


/H.S. Arntsen

INNLEDNING

Etter oppdrag fra Oslo vann- og kloakkvesen v/rekvisisjon nr. 003118 av 2.2.1983 har geoteknisk kontor utført grunnundersøkelser ved Fagertunveien 5. Hensikten med undersøkelsen har vært å framskaffe et grunnlag for å vurdere størrelsen av inntrufne og evt. framtidige setninger på ovennevnte eiendom, samt vurdere årsaken til inntrufne setninger og skader.

Fagertunveien 5 ble i 1974/75 bebygget med 4 eneboliger i rekke. Boligene er adskilt med brannmurer, og er oppført i 2 etasjer og kjeller.

Hovedkloakktunnelen mellom Majorstua og Franzebråten ble boret gjennom området ca 100 m vest for Fagertunveien 5 sommeren 1975, dvs. omtrent samtidig som den aktuelle bebyggelsen ble oppført.

Det er tidligere utført spredte sonderboringer til antatt fjell i området ved Fagertunveien, og resultater fra disse boringene er tatt med i foreliggende rapport. Et par boringer lengst vest på Fagertunveien 5 har vist små dybder til fjell, bare drøyt 2 meter, mens det enkelte andre steder i nærheten er registrert store dybder til fjell.

Det er tidligere ikke foretatt nivellement av setninger på fast installerte bolter i Fagertunveien 5a-d. Slike målinger er nå igangsatt.

Allerede før tunnelen ble boret ble det imidlertid nedsatt et par poretrykkmålere i området, samt satt i gang setningsnivellement på enkelte hus. Vi vil i foreliggende rapport komme inn på resultatene fra disse målingene. En må imidlertid være meget varsom med å generalisere ut fra de foreliggende måleresultater i det løsmassemektigheten varierer sterkt i området.

En grov oversikt over løsmassemektighet, poretrykk og registrerte setninger i området er gitt på bilag 141.

MARKARBEID

Dette ble utført av mannskap fra vårt kontor i tiden 3.5.-6.5. 1983. Undersøkelsen omfatter i alt 9 enkle sonderboringer, 3 dreiesonderinger og 1 dreietrykksondering til antatt fjell, samt opptak av en uforstyrret Ø 54 mm prøveserie. Det ble også installert 2 stk. hydrauliske piezometre (poretrykkmålere), hvorav den ene med spissen i faste masser eller på fjell i 11 meters dybde, og den andre med spissen 4,5 meter høyere. Måleresultater er gitt på bilag 143, mens resultater av sonderboringene er gitt på situasjons- og borplanen, bilag 152, og lengdeprofiler, bilag 142.

Nærmere beskrivelse av bormetodene er gitt på bilag 0.

Borpunktene er målt inn i forhold til eksisterende hus og eiendomsgrenser, og terrengnivå i borpunktene er nivellert med utgangspunkt i FM 12028 med oppgitt høyde $h=20,015$ m.

Det er installert 10 bolter i brannmurene til Fagertunveien 5a-d. Disse vil bli nivellert av Nerdrums Opmaaling A/S, i første omgang hvert kvartal.

LABORATORIEUNDERSØKELSER

De opptatte prøver fra hull 10 er åpnet og visuelt klassifisert i vårt laboratorium. Dernest er det utført rutinemessig bestemmelse av vanninnhold, konsistensgrenser, tyngdetetthet, udrenert skjærstyrke og sensitivitet. Resultatene er gitt på bilag 144.

Det ble også utført 7 ødometerforsøk for bestemmelse av leirens kompressibilitet (sammentrykkbarhet) og forkonsolidering. To av forsøkene ble utført med rebelastnings-syklus. Resultatene er gitt på bilagene 145-149.

Generell beskrivelse av laboratorieforsøk er gitt på bilag 0.

Tolking av ødometerforsøk.

Forsøkene utført med prøver fra dybder mindre enn 6 meter er vanskelig tolkbare m.h.t. forkonsolideringstrykk pc' og kompressisjonsmodul M . Erfaringsmessig antas pc' og M minst like store som for større dybder.

Prøvene fra 7,8 m og 8,7 m dybde viser en klar forkonsolideringseffekt, med pc' på h.h.vis 220 kN/m² og 190 kN/m².

Kompressisjonsmodulen M er i 7,8 m dybde (bilag 148) anslått mellom de målte verdier for 1. gangs belastning og rebelastning.

På prøven fra 8,7 meters dybde er det ikke utført rebelastningsforsøk. Også her antas en karakteristisk verdi av M noe høyere enn den målte verdi for 1. gangs belastning. Ut fra dette legges følgende verdier av M til grunn i beregninger:

over kt	10,	$M=5$ MN/m ²
under kt	10,	$M=4$ MN/m ²

De oppgitte verdier gjelder spenninger σ' mindre enn forkonsolideringstrykket p_c' . For høyere spenninger settes

$$M = m \sigma' \quad \text{hvor } m = 13$$

Jfr. de idealiserte modulkurver på bilagene 148 og 149.

De utregnede verdier for konsolideringskoeffisienten c_v varierer en del, men for det aktuelle spenningsområdet anses $c_v = 6 \text{ m}^2/\text{år}$ som representativ.

TERRENG OG GRUNNFORHOLD

Terrenget faller slakt i østlig retning innenfor Fagertunveien 5. Det antas at terrengnivået på eiendommen ikke ble forandret nevneverdig i forbindelse med oppføringen av boligene.

Som det framgår av bilagene 142 og 152, er antatt fjell påtruffet i 1,4 meters dybde like nordvest for Fagertunveien 5a (borpunkt 1). Fjellet faller imidlertid sterkt av i øst-sydøstlig retning, og største registrerte dybde til ant. fjell er 13,8 m (punkt 8) like syd for Fagertunveien 5c. Dette betyr at nordvestre del av Fagertunveien 5a etter alt å dømme er fundamentert direkte på fjell, mens husrekken forøvrig er fundamentert direkte på leire.

Prøvene fra hull 10 er tatt opp ca 10 m sydøst for Fagertunveien 5d. Her ligger terrenget ca 2 m lavere enn ved huset. Borprofilen viser at det er tørrskorpe og middels fast leire ned til ca 5 m under terreng, og derunder bløt og middels fast leire med sandlag. Sonderboringene tyder på at grunnforholdene er ensartede innenfor eiendommen.

Bilag 150 viser et spenningsdiagram ved Pz 24 lengst øst på eiendommen. Det framgår som tidligere angitt at leiren er en del forkonsolidert, og at forkonsolideringstrykket på 10 meters dybde er omtrent lik det totale trykket fra overliggende jordmasser (overlagringstrykket p_0).

Poretrykk og grunnvann.

Målingene av poretrykk på eiendommen ble først igangsatt i mai 1983. Resultatene på bilag 143 viser et undertrykk i dybden, og for den dypeste måleren betydelig variasjon i trykk over tid avhengig av nedbørsforhold. Dette er klare indikasjoner på at leirmassene dreneres til fjell eller permeable masser over fjell. Trykket ved den dypeste måleren, som antakelig står med spissen i et sandlag 1-2 m over fjell, har på det laveste tilsvart en vannstand 5,5 m under terreng (27.6.83).

Naturlig grunnvannstand i Fagertunveien 5 i tiden før tunnelen ble boret er ikke kjent.

På oversiktstegningen, bilag 141, er det imidlertid tatt med resultater fra poretrykkmålere som ble installert før tunnelen ble boret, h.h.vis 150-200 m nord og syd for den aktuelle eiendommen. Den sydligste måleren (Pz 8a) viste opprinnelig et trykk ved fjell svarende til en vannstand 1,9 m over terreng. Denne måleren står imidlertid meget lavt i terrenget (terrengkote 10,0) i nærheten av Mærradalsbekken. Den nordligste måleren (Pz 10) som også står ved fjell, viste opprinnelig en vannstand opptil 4,8 m under terreng. Her ligger terrengnivået på kote 21,1, mens terrenget ved måleren i Fagertunveien 5 ligger på kt. 16,9. Ut fra dette er det vanskelig å bedømme hva naturlig grunnvannstand har vært ved Fagertunveien 5. Ut fra topografien regner vi imidlertid med at grunnvannstanden har vært ganske høy, neppe mer enn en meter under terreng.

Trykket ved målerene nord og syd for Fagertunveien 5 har falt svarende til vannstandsreduksjoner på h.h.vis 2,3 og 1,8 m (maksimalverdier) etter at tunnelen ble boret. Dersom en antar at grunnvannstanden i Fagertunveien 5 har stått 1 m under terreng, antyder målingene at trykket nær fjell har avtatt svarende til en vannstandsreduksjon på opptil 4,5 m etter at tunnelen ble boret. Det synes derfor som om poretrykket i Fagertunveien 5 har avtatt mer enn hva som har vært tilfelle lengre nord og syd, men her må det tas forbehold vedr. den betydelige usikkerheten som knytter seg til opprinnelig grunnvannstand.

På spenningsdiagrammet, bilag 150, er spenningsendringene vist, forutsatt en opprinnelig grunnvannstand 1 m under terreng. Det framgår at nesten halvparten av det antatte opprinnelige poretrykket er blitt borte.

Det er mulig at poretrykket i spesielt tørre perioder kan ha vært - eller vil bli lavere enn hva som hittil er blitt målt. På spenningsdiagrammet er det prikket en kurve som viser den i praksis laveste poretrykksituasjon som kan tenkes å oppstå, nemlig at poretrykket blir helt borte nær fjell og halveres ved kt. 10 ca. 5 m fra ant. fjell. Som en referanse vil det bli foretatt en beregning av de setninger dette poretrykkbildet tilsvarer.

Nivå for bunn i kloakktunnelen ved Fagertunveien er ca. kt 5,5, dvs. ca 1 m høyere enn laveste registrerte fjellnivå ved Fagertunveien 5. Tatt i betraktning avstanden på ca. 100 m til Fagertunveien 5, er det imidlertid tvilsomt om poretrykket kan bli særlig lavere enn hva som hittil er målt.

SETNINGER

Måleresultater

I nedenstående tabell er det gitt resultater av de setningsmålinger som er utført i området ved Fagertunveien. Tabellen angir største registrerte setning på hver enkelt eiendom fra målingenes begynnelse i 1973 - 1975 og fram til feb. 1983. Målingene er foretatt av Nerdrums Opmaaling A/S.

Eiendom		Største registrerte setning, mm	Ant. største dybde til fjell, m
Fagertunv.	1d-h	34	
"	2	9 (negl. garasje)	4-5
"	3	127	10 (noe usikker)
"	7	109	10 (usikker)
"	10b	25 (mai 78)	
Bestunv.	19	170	20 (noe usikker)
"	21a-d	5	
"	16	45	19
"	20	64	

Størstedelen av setningene påløp i en halvårsperiode etter at tunnelen ble boret. Deretter ble det for de fleste eiendommers vedkommende praktisk talt ikke registrert økning av setningene. Målingene ble derfor avsluttet i 1980. Nye målinger i februar 1983 tyder imidlertid på at det for flere hus har påløpt ytterligere setninger av betydelig størrelse sett i forhold til de tidligere registrerte setningene.

De angitte setninger varierer sterkt, fortrinnsvis p.g.a. variasjoner i dybde til fjell, men trolig også p.g.a. at poretrykket ikke har falt like mye over alt. Dybder til fjell på opptil 13-14 meter ved Fagertunveien 5 kan antyde setninger på eiendommen i overkant av 10 cm, kanskje rundt 15 cm. Et slikt anslag basert på ovenstående tabell er imidlertid meget usikkert.

I 1978/79 ble det foretatt nivellement av gavlene i Fagertunveien. Målingene ble utført av Bloms Oppmåling A/S og Statens Teknologiske Institutt (Fagertunv. 5b). Bilag 151 angir et skjønnsmessig midlere resultat for målinger i kjeller, 1. etg. og 2. etg. På bilaget er det også utarbeidet en oversikt over akkumulerte nivåforskjeller i forhold til nordvestre hjørne av Fagertunv. 5a.

Nivåforskjellene kan ikke uten videre tolkes som setninger i det gulvene ikke nødvendigvis har vært helt horisontale etter bygging. Dessuten er det betydelig forskjell på måleresultatene fra kjeller, 1. etg. og 2. etg. Ytterligere

usikkerhet kommer inn ved anslag av akkumulert nivåforskjell hvor det er antatt at gulvene på begge sider av brannmurene har samme setning.

Resultatene tyder likevel på at største setning på Fagertunveien 5 var kommet opp i 10-15 cm i 1979. Dersom en antar at ytterligere setninger har påløpt etter 1979, jfr. måleresultater for andre eiendommer i området, er det ikke usannsynlig at setningene nå er kommet opp i størrelsesorden 15 cm.

Ut fra bilag 151 kan også helninger på gulv beregnes. Fagertunveien 5b hadde i 1978 de største helninger, opp til 11-12 o/oo. Erfaringsmessig regnes helninger på 6-7 o/oo p.g.a. setninger å gi betydelige sprekkskader på bygninger. Gulvene i Fagertunveien 5b er rettet opp etter at ovennevnte nivåforskjeller ble registrert.

Beregningsanslag

Med den tidligere angitte kompressjonsmodul og poretrykk som målt 27.6.83, er setningene beregnet til 7 cm der fjellet ligger dypest ved Fagertunveien 5. I beregningene er det antatt at opprinnelig grunnvannstand stod 1 m under terreng og at poretrykket øket hydrostatisk i dybden.

Halvparten av de teoretiske langtidssetningene skal inntruffe i løpet av de første 2 år etter at drenasje har inntruffet, og etter 15 år skal beregningsmessig 90 % av langtidssetningene ha inntruffet. Dette basert på tidligere angitt konsolideringskoeffisient og beregningsmodell "B" i "Grunnlag i geoteknikk" av N. Janbu, NTH.

Den anslåtte setning er betydelig lavere enn hva nivåelementet av høydeforskjeller på gulv kan tyde på. Beregningene er imidlertid også beheftet med betydelig usikkerhet p.g.a. at opprinnelig grunnvannstand ikke er målt, anslag av forkonsolideringsgrad og kompressjonsmodul er usikre og poretrykket kan ha vært lavere enn hva som foreløpig er registrert. For det laveste poretrykk som i praksis kan tenkes å inntreffe, jfr. bilag 150, er langtidssetningene beregnet til 13 cm. Det antas imidlertid at poretrykket ikke har vært særlig lavere enn hva som hittil er registrert. Alt i alt synes derfor de inntrufne setningene å være større enn hva beregningene skulle tyde på.

De teoretiske beregningene tyder på at 3/4 av de beregnede langtidssetningene nå har påløpt. Det bemerkes imidlertid at beregningen av tidsforløpet er meget usikker. Bl.a. forutsetter beregningen en stabil grunnvannstand ved fjell.

Som tidligere nevnt har målinger på flere hus i området lenge tydet på at setningene stort sett ble avsluttet i løpet av et halvår etter at tunnelen var boret. På den annen side tyder nye målinger i år på at det fortsatt pågår setninger på flere hus.

Alle forhold tatt i betraktning antar vi at det fortsatt vil inntreffe noe setninger i Fagertunveien 5, men at de framtidige tilleggsetningene vil bli forholdsvis små i forhold til de allerede inntrufne setninger.

SETNINGSSKADER

Bygninger

Geoteknisk kontor har ikke sett det som sin oppgave å registrere inntrufne skader og foreskrive tiltak for å utbedre disse. Vår oppgave har bestått i å bedømme størrelsen av inntrufne setninger, vurdere årsaken til disse og vurdere faren for ytterligere setninger i framtiden.

Ut fra det ugunstige fjellforløpet som er påvist i Fagertunveien 5, er det på det rene at selv mindre setninger vil kunne medføre betydelige skader på bygningene. De antatte setninger i størrelsesorden opptil 15 cm har som antydning på bilag 151 medført skjevsetninger og helninger av en slik størrelse at betydelige bygningsskader må forventes som resultat.

Teoretiske beregninger antyder som nevnt at i størrelsesorden 3/4 av de forventede langtidssetninger nå har påløpt. Det er derfor fare for at ytterligere noe setninger og derav følgende skader kan oppstå. Grunnlaget for beregningene er imidlertid meget usikkert.

Av de enkelte boligenheter er det Fagertunveien 5b som har fått de største helninger, i 1978 målt opptil 12 o/oo. Denne boligenheten er da også blitt opprettet.

Seksjonene 5a og 5c hadde i 1979 største helningen på gulvene på 4-5 o/oo, målt i gjennomsnitt mellom yttervegger. Det antas at helninger av denne størrelsesorden ikke nødvendigvis betinger oppretting, men at behovet må vurderes ut fra de inntrufne skader og de ulemper og ubehag disse medfører.

Seksjon 5d har i flg. målingene mindre helninger. Dette samsvarer med at dybdene til fjell er ganske jevne under denne seksjonen.

Drenssystem

Geoteknisk kontor er kjent med at det skal være fuktproblemer i kjellere i Fagertunveien 5. Vi kan imidlertid ikke se at dette skal ha noen årsak i drenasje til hovedkloakktunnelen og de setninger dette har medført.

Drensledningene har uttrekk i sydøstre hjørne av Fagertunveien 5d, noe som skulle tilsi at ledningenes fall er blitt forbedret p.g.a. setninger. Setningene er heller ikke så store at det skulle være noen grunn til å tro at ledningene kan ha blitt skadet. Det er derfor nærliggende å rette søkelyset mot kvaliteten av de tilbakefyllingsmasser som er blitt benyttet og arbeidets utførelse ved tilbakefylling, herunder fallforhold av terreng ved grunnmur slik som påpekt i vannverkets brev av 25.8.82 til adv. Marthinussen.

STANDARD BESKRIVELSER

BESKRIVELSE AV BORMETODER

Enkel sondering betegner neddriving av stålstenger uten registrering av motstand, for eks. slagsondering med slegge eller slagbormaskin.

Dreieboring utføres ved å måle synkninger under dreining når boret er lastet med 100 kg. Synker det for mindre last dreies ikke. Boret er forsynt med en pyramideformet spiss som er vridd en omdreining. Lengden av spissen er 20 cm og sidekanten er 3 cm. Under oppteigning av resultatene angis antall omdreininger pr. m synkning på høyre side av hullet, og lasten på boret på venstre side.

Fjellkontrollboringer utføres med trykkluftdrevet bergbor. Både topphammer og senkborhammer kan brukes. Fjellkontrollen består i å registrere når man har fått en langsom og relativt jevn synkning av boret idet dette er en sterk indikasjon på at boret er i fjell. Det bores vanligvis 3 m for å konstatere at det ikke er en stor stein.

Vingeboring brukes til å måle jordartens udrørte skjærfasthet direkte i grunnen. Skjærfastheten beregnes utfra målt torsjonsmoment på et vingekor som presses ned i ønsket dybde og dreies rundt inntil brudd oppstår. Grunnens fasthet bestemmes først i uforstyrret, og etter brudd i omrørt tilstand. Resultatene kan i sterk grad påvirkes av sand, grus og stein ved vingekorset. Det skal også bemerkes at resultatene av andre grunner i mange tilfelle må korrigeres før fasthetsverdiene brukes i stabilitetsberegninger.

Prøvetaking kan utføres med forskjellig utstyr. Ønskes "uforstyrrede" prøver brukes en ϕ 54 mm sylindreprøvetaker som er forsynt med et tetsluttende stempel. Prøven skjæres ved at sylindere skyves nedover i grunnen mens stemplet holdes tilbake. Sylindere med prøve blir trukket opp igjen, forseglet i begge ender, og bragt til laboratoriet. Ønskes bare såkalte "representative" prøver, brukes enklere utstyr som skvebor og kannebor. Felles for disse er at massen skaves inn i en beholder som deretter tas opp. Tilsvarende prøver kan også tas ved å skru en stålskrue ned i grunnen og trekke den opp igjen.

Poretrykksmåling går ut på å måle trykket i de vannfylte porene i jordarten. Dette gjøres ved å føre ned til ønsket dybde et såkalt piezometer som består av et stålrør med et porøst filter i enden. Vann fra jordarten vil kunne trenge inn gjennom filteret mens jordpartiklene blir holdt tilbake. På innsiden av filteret kan man så enten ha en elektrisk trykkmåler som registrerer det vanntrykket som bygges opp og som balanserer med poretrykket utenfor, eller filteret er forbundet med en tynn alange inne i stålrøret. Stigehøyden av vannet i slanger er da porevannstrykket i filterets nivå. Ved fremstilling av resultatene angis som regel det nivå (m.o.h.) som vannet stiger til (poretryknivået).

BESKRIVELSE AV LABORATORIEUNDERSØKELSER

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. Deretter blir følgende undersøkelser rutinemessig utført, (undersøkelser merket ^x) kan bare utføres på uforstyrrede prøver):

Romvekt ^x γ (t/m^3) av naturlig fuktig prøve.

Vanninnhold w (%) angir vekt av vann i prosent av vekt av fast stoff. Det blir utført flere bestemmelser av vanninnhold fordelt over prøvens lengde.

Flytegrensen w_L (%) og *utrullingsgrensen* w_p (%) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale. Plastisitetsindeksen I_p er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen. Disse konsistensgrensene er viktige ved bedømmelse av jordartens egenakaper. Konsistensgrensene blir vanligvis bestemt på annenhver prøve.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter plastisitet:

Lite plastisk leire	$I_p < 10$
Middels plastisk leire	$I_p = 10-20$
Meget plastisk leire	$I_p > 20$

Skjærfastheten $x^1) s$ (t/m^2) bestemmes ved enaksede trykkforsøk. Normalt blir det skåret ut et prøvestykke med tverrsnitt $3,6 \times 3,6$ cm og høyde 10 cm på midten av sylinderprøven. Unntaksvis blir fullt tverrsnitt (ϕ 54 mm) benyttet. Det tas hensyn til prøvens tverrsnittsøking under forsøket. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Videre blir uforstyrret skjærfasthet s og omrørt skjærfasthet s' bestemt ved konusforsøk. Dette er en indirekte metode til bestemmelse av skjærfastheten, idet nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt måles og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell. Både trykkforsøk og konusforsøk gir udrenert skjærfasthet.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter udrenert skjærfasthet:

Meget bløt leire	$s < 1,25 t/m^2$	\approx	12,5 kN/m ²
Bløt leire	$s = 1,25 - 2,5 t/m^2$	\approx	12,5 - 25 """"
Middels fast leire	$s = 2,5 - 5,0 t/m^2$	\approx	25 - 50 """"
Fast leire	$s = 5,0 - 10,0 t/m^2$	\approx	50 - 100 """"
Meget fast leire	$s > 10 t/m^2$	\approx	100 """"

Sensitiviteten $x^2) S_t = \frac{s}{s'}$, er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og omrørt tilstand.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter sensitivitet:

Lite sensitiv leire	$S_t < 8$
Middels sensitiv leire	$S_t = 8 - 30$
Meget sensitiv leire	$S_t > 30$

Følgende spesielle forsøk blir utført etter nærmere vurdering i hvert tilfelle:

Ødometerforsøk $x^3)$ utføres for å finne en jordarts sammentrykkbarhet. Prinsippet ved ødometerforsøkene er at en skive av jordarten med diameter 5 cm og høyde 2 cm belastes vertikalt. Prøven er innesluttet i en sylinder og ligger mellom 2 porøse filtersteiner. Lasten påføres trinnsvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn. Resultatene fremstilles ved å tegne opp den relative sammentryking e som funksjon av belastningen. Setningsutviklingen tegnes opp i tidsdiagram. Dette gir grunnlag for beregning både av setningenes størrelse og tidsforløp. Tidsforløpet er imidlertid særlig usikkert på grunn av mange ukjente faktorer som spiller inn.

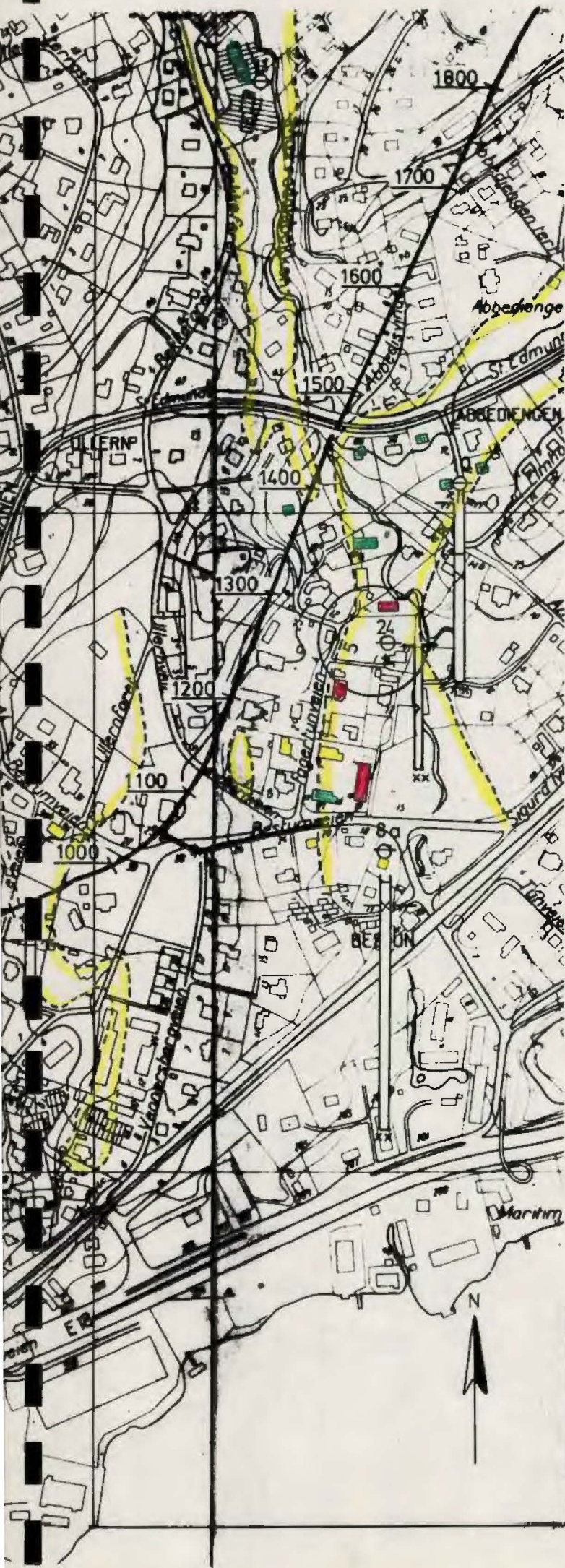
Kornfordelingsanalyser av friksjonsjordarter (grovere enn silt og leire) utføres ved sikting, som regel i helt tørr tilstand. Inneholder massen en del finere stoff blir den våtsiktet. For silt og leire benyttes hydrometeranalyse. En viss mengde tørt materiale oppslemmes i en bestemt mengde vann. Ved hjelp av hydrometer bestemmes synkehastigheten av de forskjellige kornfraksjoner og på grunnlag av Stoke's lov kan kornstørrelsen tilnærmet beregnes.

Fortorvningsgraden i organiske jordarter bestemmes ved besiktigelse og krysting av materiale mellom fingrene. Graderingen skjer i henhold til von Post's ti-delte skala H 1 - H 10. Torv kan deles i følgende grupper:

Fibertorv	H 1 - H 4, planterester lett synlig
Mellomtorv	H 5 - H 7, planterester svakt synlig
Svarttorv	H 8 - H10, planterester ikke synlig.

Organisk innhold (humusinnhold) bestemmes vanligvis ved glødning av tørt materiale. Glødetapet (vekttapet) angis i prosent av tørt materiale.

Proctorforsøk brukes til å undersøke pakningsegenskapene hos jordarter, spesielt hos velgraderte friksjonsmasser. Massen blir stampet lagvis inn i en stålsylinder av bestemt volum, og tørr romvekt beregnet etter tørking av prøven. Avhengig av pakkingsarbeidet skilles mellom standard Proctor og modifisert Proctor. Den siste innebærer størst pakkingsarbeid. Forsøkene utføres med varierende vanninnhold, og det vanninnhold som gir høyest tørr romvekt kalles optimalt. Den høyeste romvekt kalles 100% Proctor.

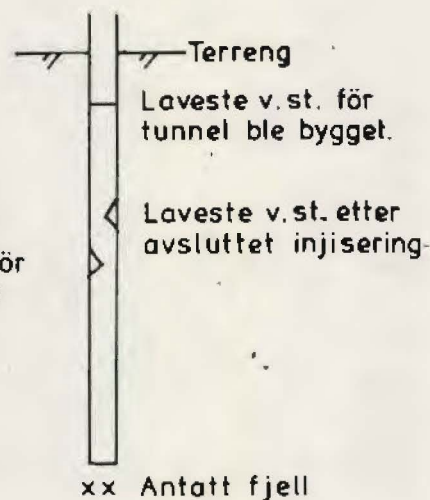


TEGNFORKLARING:

Piezometer målinger:


⊕ Piezometer


(HM=1:500)




Laveste v. st. for injiseringen ble avsluttet.


Setningsmålinger:


 0-3 cm

 3-10 cm

 >10 cm

 Nivellement etter at tunnelen var ferdig.

 Begrensning av løsmassebassenger hvor d > 5

 Hovedkloakktunnel

FAGERTUNVEIEN 5

OVERSIKT
Løsmasser og målinger

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

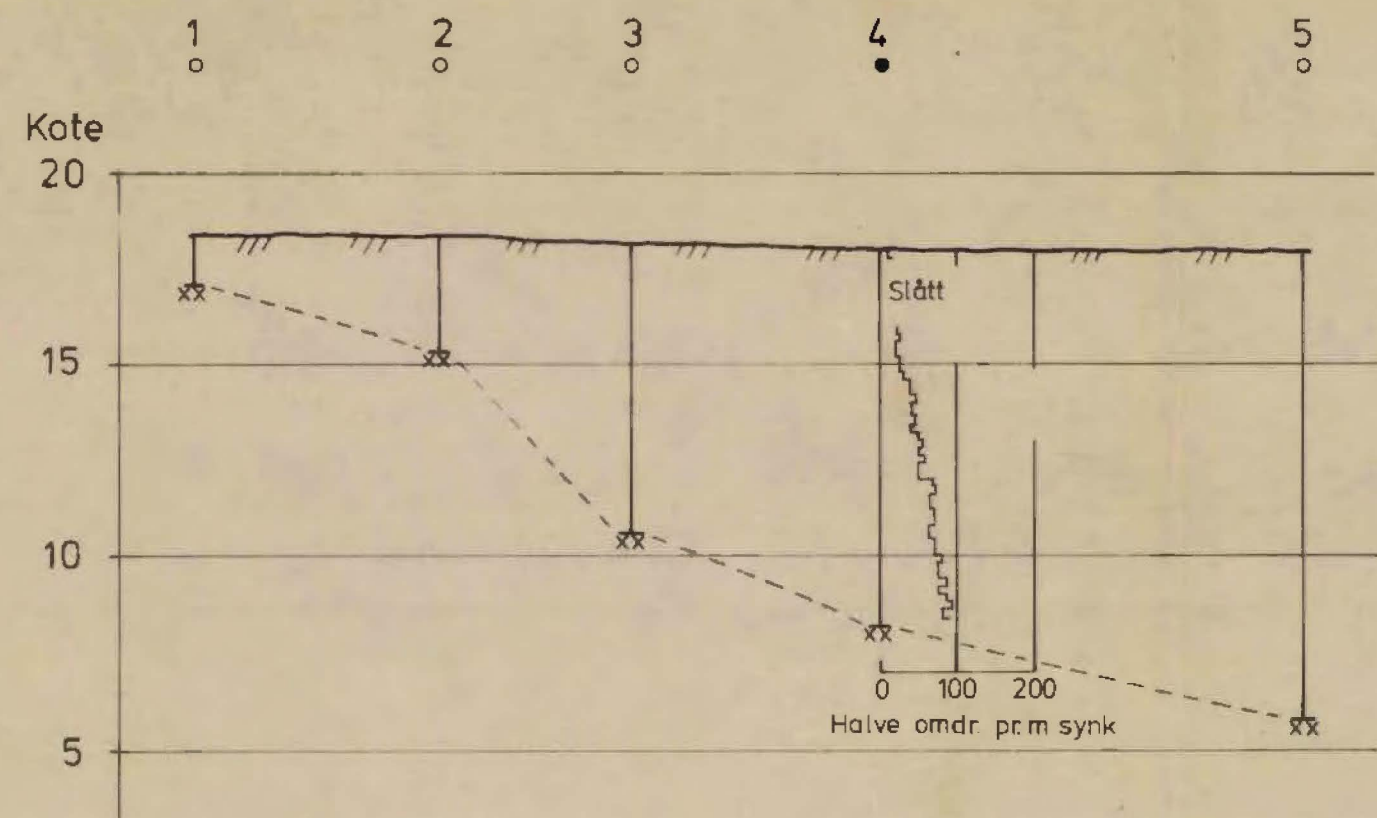
Målestokk
1:5000

R 1065
Bilag 141

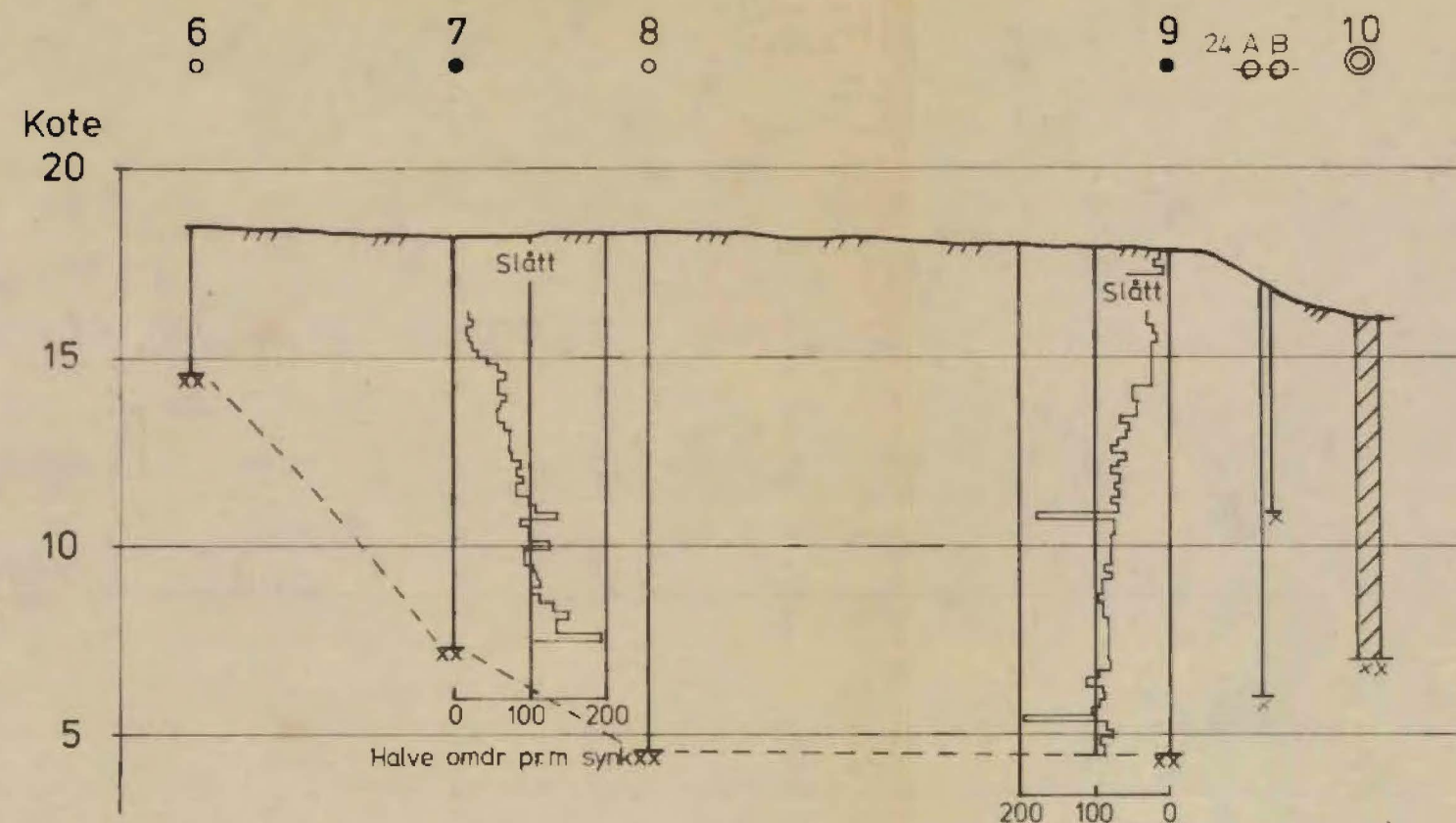
Dato juli 83

Kart ref.

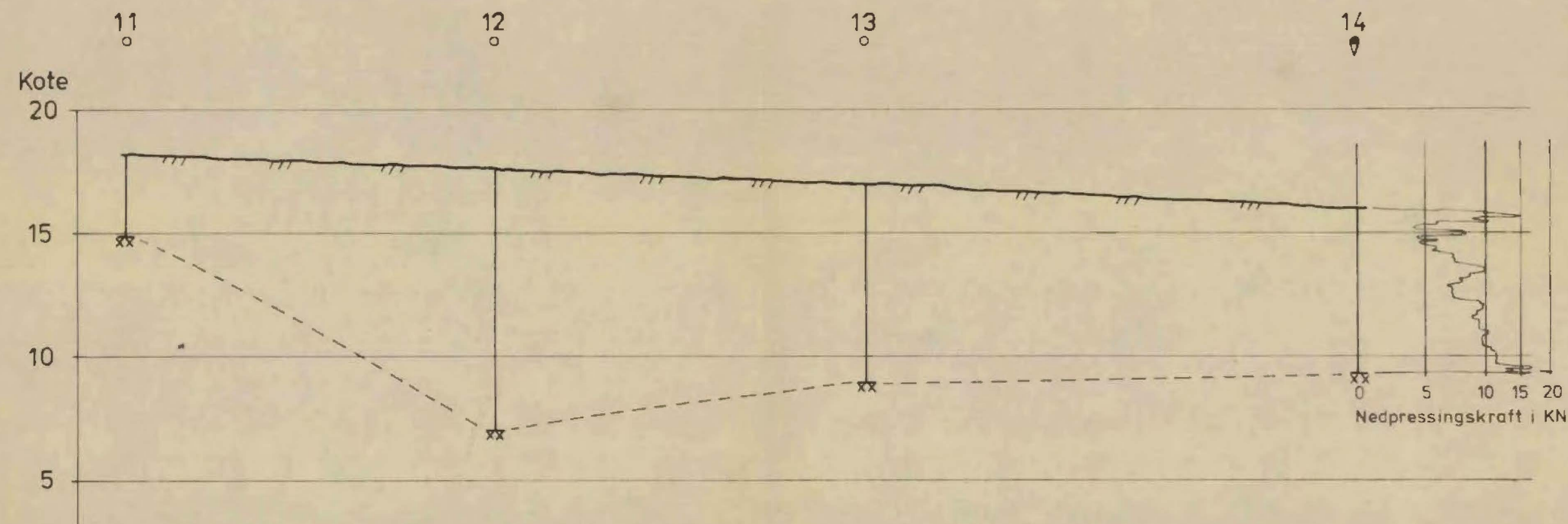
Profil A - A



Profil B - B



Profil C - C



TEGNFORKLARING:

xx Ant. fjell

Rettet:

FAGERTUNVEIEN 5	Målestokk 1:200	Kart ref.
Profil A-A, B-B, C-C	R-1065	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Bilag 142	
	Dato Mai-83	

BORPROFIL

Sted: **FAGERTUNVEIEN 5**

Hull : **10**

Nivå : **160**

Pr.φ : **54 mm**

Aksialdeformasjon %



Bilag : **144**

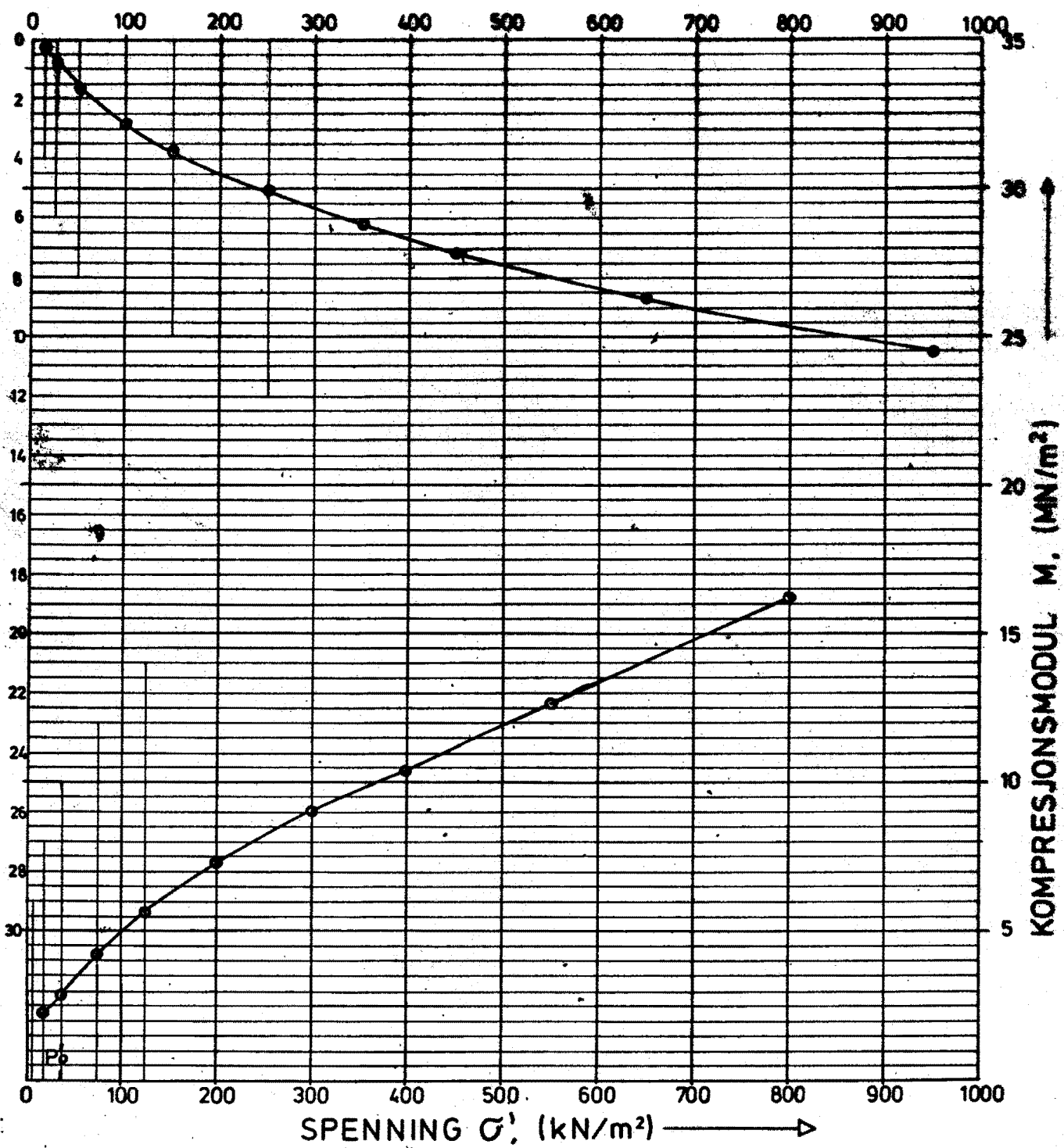
Oppdrag : **R 1065**

Dato : **Mai 83**

Dybde E	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Tyngdetetthet KN/m ³	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet
				Plastisk område		wp → wl			Konusforsøk ▽, Vingebrøring		+		
				20	30	40	50%	10	20	30	40	KN/m ²	
5	LEIRE med tørrskorpeklumper	⊘	1					19,7					5
	skjellrester	⊘	2					19,5					5
		⊘	3					19,0					7
		⊘	4					18,9					19
		⊘	5					19,4					22
		⊘	6					18,9					18
	litt sand	⊘	7					19,0					18
	finsand sandlag	⊘	8					18,6					12
10	Avsluttet												9
15													15
20													12
25													10
													9
													7

Prøven var noe forstyrret i nedre delen.

SPENNING σ' (kN/m²) →



HULL NR:	LAB. NR:	DYBDE m	p_0 (kN/m ²)	p_c (kN/m ²)	OCR	JORDART	ANM.
						Leire	

For angitt ut fra antall poretrykk for
 analyse.

$M \approx 9 \text{ MN/m}^2$

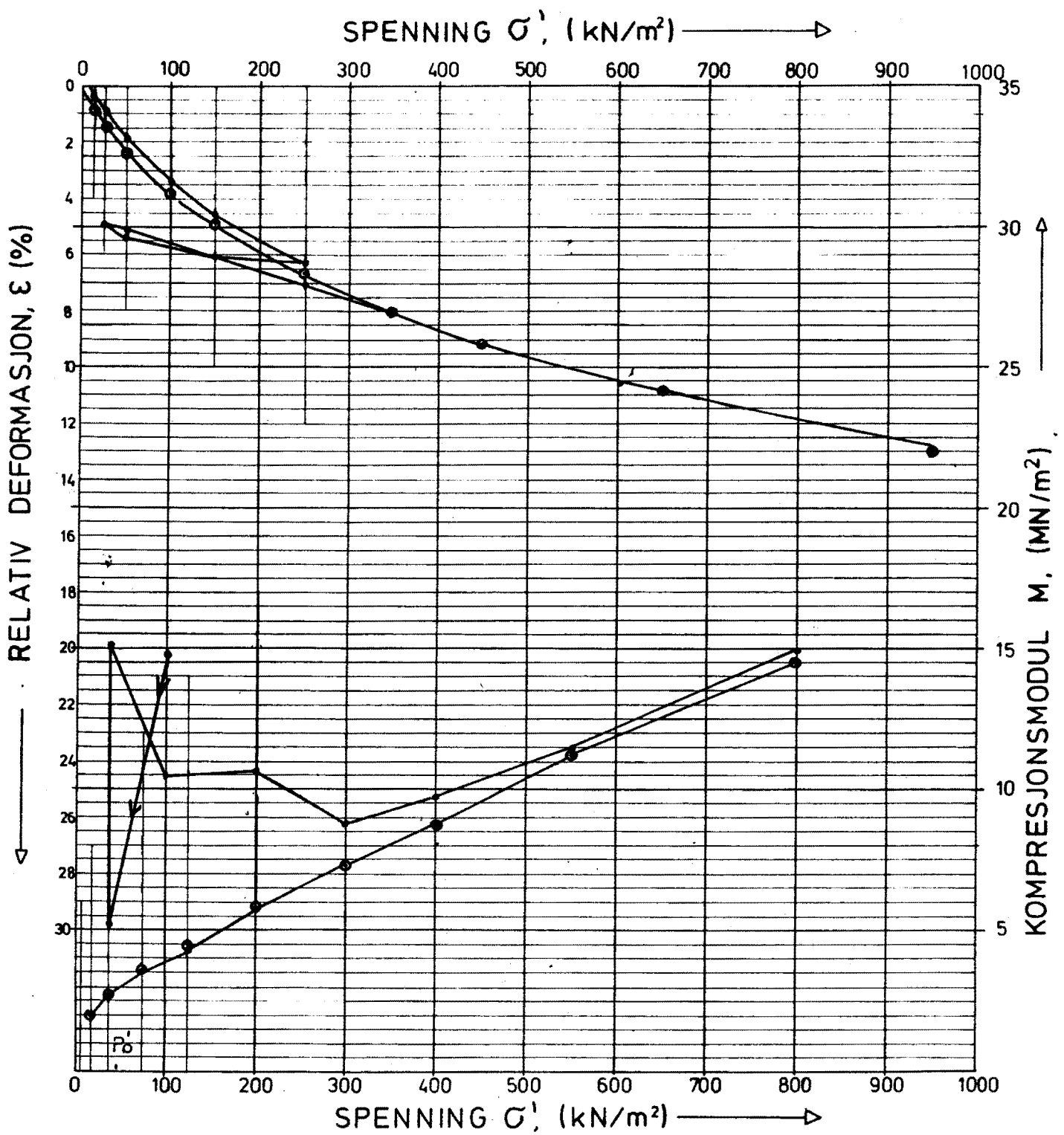
FAGERTUNVEIEN 5

Ødometer forsøk

OSLO KOMMUNE
 Geoteknisk kontor

R 1005
 Bilag 145

Date



HULL NR.:	LAB. NR.:	DYBDE m	p_0 (kN/m^2)	p_c (kN/m^2)	OCR	JORDART	ANM.
10	1065-3	3,8	45			Leire	○
10	— " —	"	"			"	● Avlastet

Po' er angitt ut fra antatt poretrykk for drenasje.

$M \geq 5 \text{ MN/m}^2$

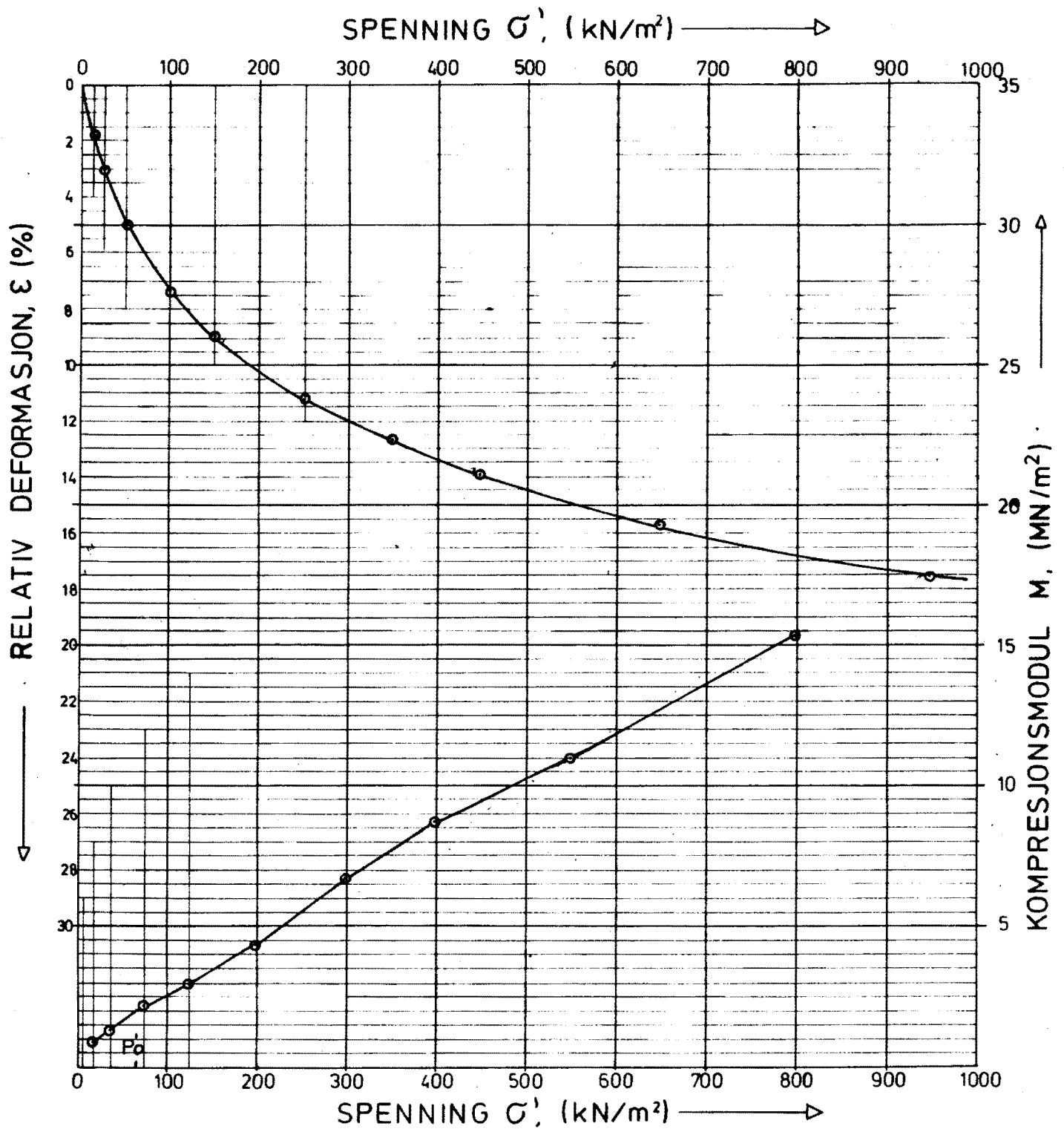
FAGERTUNVEIEN 5

Ödometerforsök

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

R 1065
Bilag 146

Dato



HULL NR.:	LAB. NR.:	DYBDE	p_0 (kN/m ²)	p_i (kN/m ²)	OCR	JORDART	ANM.
10	1065 - 5	5,8m	62			Leire	Noe forstyrret prøve

p_0 er angitt ut fra antatt poretrykk for drenasje.

$M = 5 \text{ MN/m}^2$

FAGERTUNVEIEN 5

Ödometerforsök

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

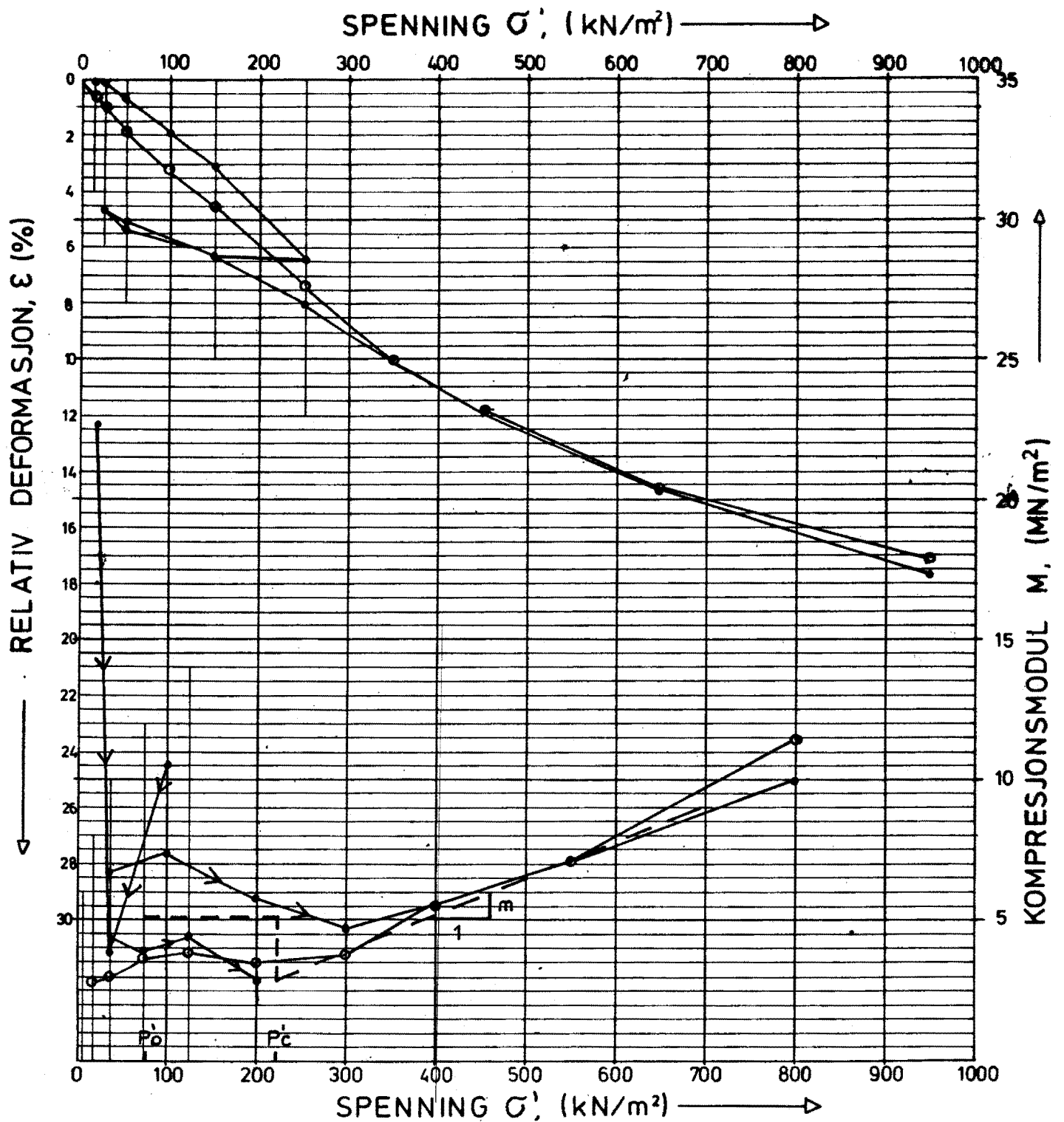
Målestokk

R 1065

Bilag 147

Dato

Kart ref.



HULL NR.:	LAB. NR.:	DYBDE m	p_0 (kN/m ²)	p'_c (kN/m ²)	OCR	JORDART	ANM.
10	1065-7	7,8	80	220	2,7	Leire	o
10	-- " --	"					● Avlastet
						Idealisert	---

p_0' er angitt ut fra antatt poretrykk for drenerasje.

$$M = 5 \text{ MN/m}^2 \text{ for } \sigma' \leq p'_c$$

$$M = m \sigma' \text{ for } \sigma' > p'_c$$

$$m = 13$$

FAGERTUNVEIEN 5

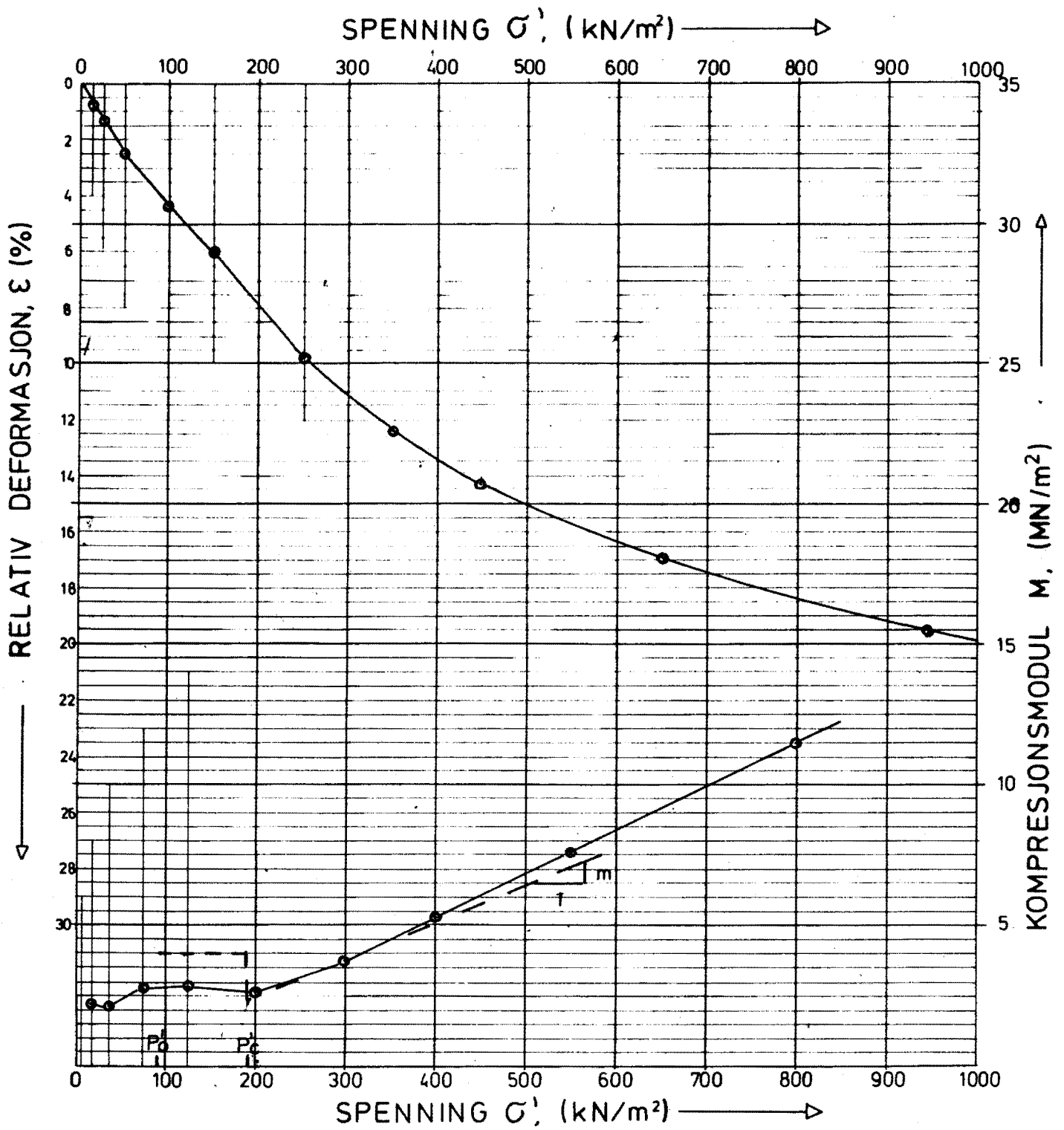
Ödometerforsök

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

R 1065

Bilag 148

Dato



HULL NR.:	LAB. NR.:	DYBDE	P_0 (kN/m ²)	P_c (kN/m ²)	OCR	JORDART	ANM.
10	1065 - 8	8,7	90	190	2,1	Leire	
						Idealisert	---

Po' angitt ut fra antatt poretrykk for drenasje.

$$M = 4 \text{ MN/m}^2 \text{ for } \sigma' \leq P_c$$

$$M = m \sigma' \text{ for } \sigma' > P_c$$

$$m = 13$$

FAGERTUNVEIEN 5

Ödometerforsök.

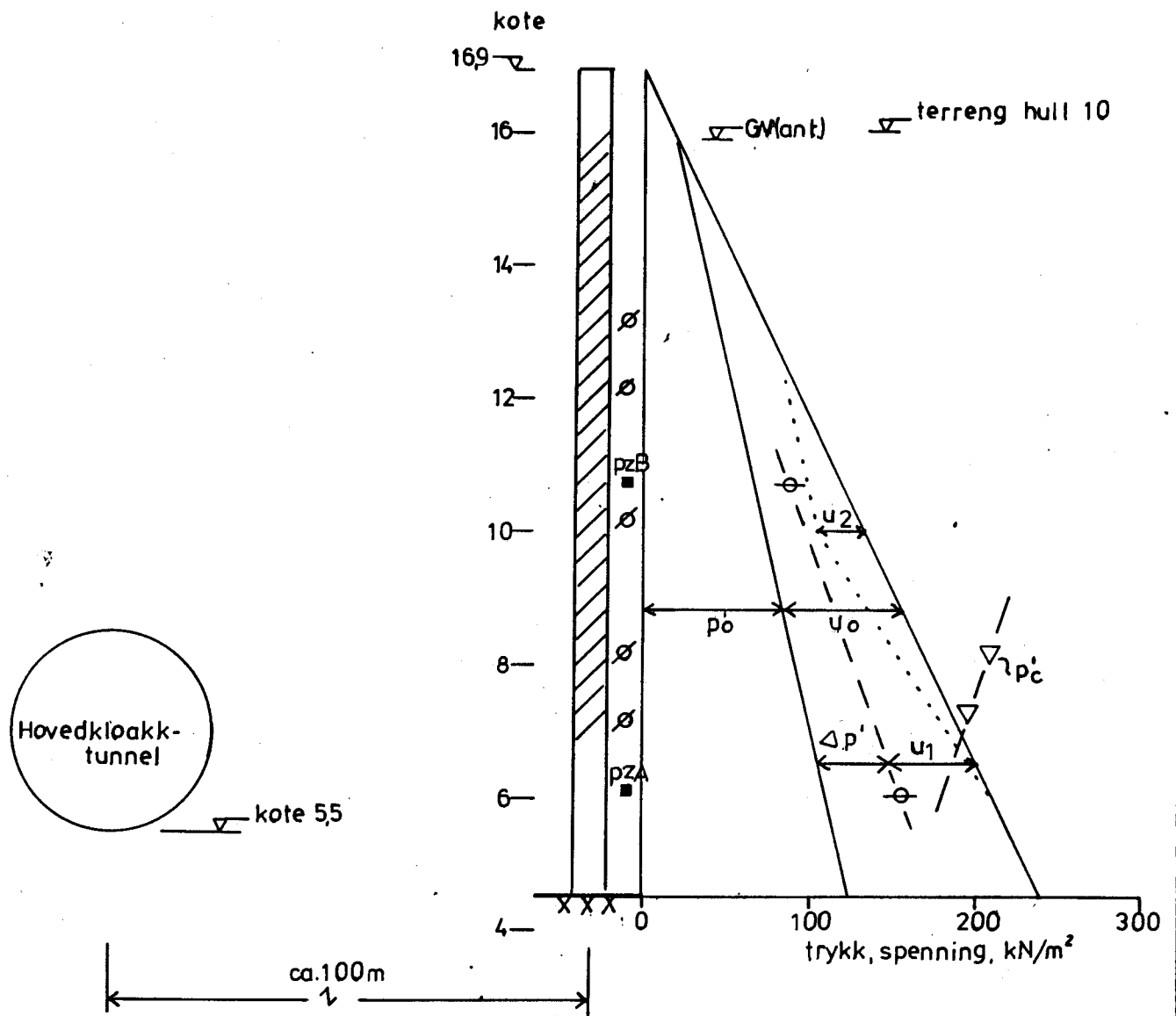
OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Målestokk

R 1065
Bilag 149

Dato

Kart.ref.

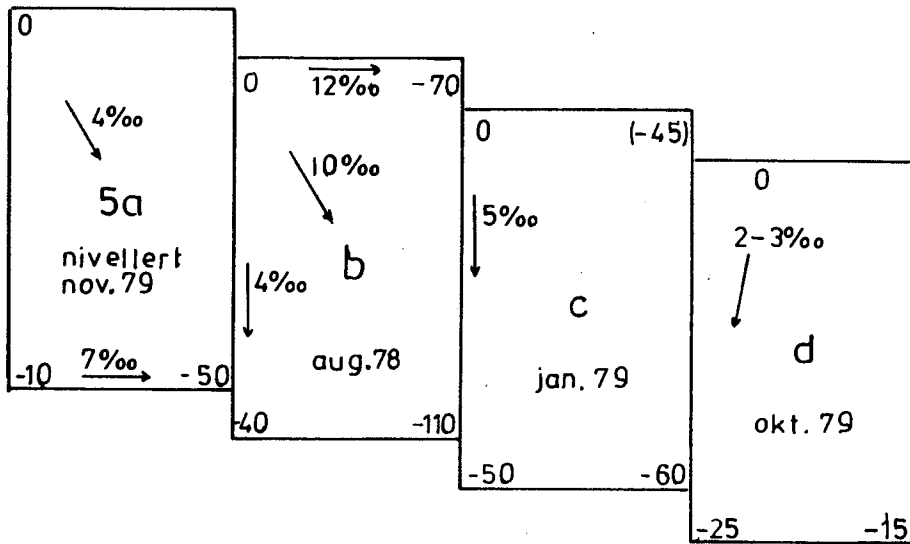


FORKLARING:

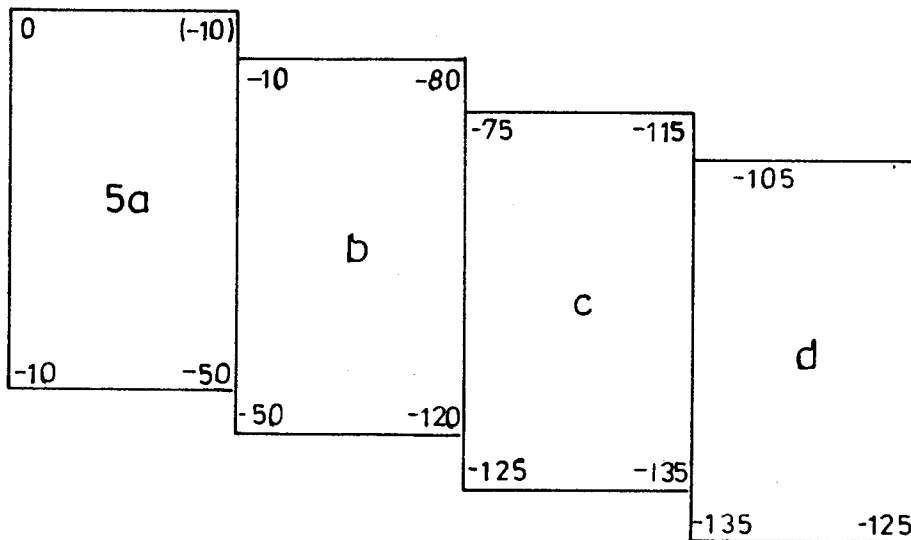
- p_0 ant. opprinnelig eff. spenning
- u_0 ant. opprinnelig poretrykk
- p_c forkonsolideringstrykk
- ⊕ resultat poretrykkmåling 27. 6. 83
- u_1 redusert poretrykk
- $\Delta P'$ økt eff. spenning p.g.a. drenasje
- u_2 ant. minste poretrykk som kan inntreffe
- ⊖ Poretrykk, målt 27. 6. 83

FAGERTUNVEIEN 5 Spenningsdiagram V/Pz 24	Målestokk	Kart ref.
	R-1065 Bilag 150	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato juli 83	

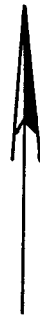
Individuell måling på hver enkelt leilighet:



Akkumulert høydeforskjell:



Alle høyder oppgitt i mm



FAGERTUNVEIEN 5
 Nivellement av
 høydeforskjeller
 på gulv.

OSLO KOMMUNE
 Geoteknisk kontor

Målestokk
 1:200

R. 1065
 Bilag 151

Dato juli 83

Kart ref.

