

SO,NO,I:1

Grunnundersøkelser for Furusetbanen på Tveita.

1. del.

R - 622.

20. oktober 1964.

Tilhører Undergrunnskartverket  
Må ikke fjernes

NO:I-1,II  
SO I 1 I  
overført  
mars 93/EME

NO:I-1,II  
overf.  
mars 91

OSLO KOMMUNE  
GEOTEKNISK KONSULENT

29



**OSLO KOMMUNE**

**GEOTEKNISK KONSULENT**

Kingst. 22, I Oslo 4

Tlf. 37 29 00

**RAPPORT OVER:**

Grunnundersøkelser for Furusetbanen ved Tveita.

1. del.

R - 622.

20. oktober 1964.

- Bilag A,B,C og D: Beskrivelse av sonderingsmetoder  
vingeboring, prøvetaking samt laboratorie-  
undersøkelser.
- "           1:   Situasjons- og borplan.
- "           2-5:  Vingeboringer.
- "           6-9:  Borprofiler.
- "           10-11: e - log p kurver.
- "           12-13: Lengdeprofil.
- "           14-15: Tverrprofiler med stabilitetsberegninger.



## INNLEDNING:

I henhold til rekvisisjon av 23/4-64 fra Tunnelbanekontoret er det foretatt grunnundersøkelser for Furusetbanen ved Tveita. Ved utarbeidelsen av rapporten er også resultatet av tidligere utførte prøveserie, Pr. 21 benyttet. Denne er tatt fra R-570, 1, del av 29/7-64.

Hensikten med denne grunnundersøkelsen var å klarlegge eventuelle geotekniske problemer ved utførelsen av tunnelbanen på denne strekning.

## MARKARBEIDET:

Vår markavdeling har under ledelse av borformenn S. Solheim og T. Berntsen utført 85 ramsonderinger til antatt fjell og 4 vingeboringer og 3 prøveserier. På situasjons- og borplan, bilag 1 er hvert hull angitt med boreddybde, terrengkote og antatt fjellkote. Resultatet av vingeboringene er vist på bilag 2 - 5.

## LABORATORIEARBEIDET:

Resultatene av de vanlige laboratorieforsøk er vist på, bilag 6 - 9. I tillegg er det foretatt ødometerforsøk fra tre dybder i to hull for å undersøke leirens sammentrykkbarhet. Resultatene er vist på bilag 10 og 11.

## BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE:

Seksjon 1 (Partiet nedenfor Tveten stasjon). Her varierer dybden til antatt fjell fra 22.0 m til 10.5 m og det er opp til 80 m variasjon i fjelldybder på samme tverrsnitt. Resultatet av prøveserie nr. 21 viser at det her er tørrskorpeleire ned til 5.0 m, herfra er det middels sensitiv til kvikk leire med sand-og gruskorn ned til fjell. Den gjennomsnittlige udrenerte skjærfasthet er ca. 3.5 t/m<sup>2</sup>.

Seksjon 2 (Tveten stasjon). Her varierer dybden til antatt fjell fra 17.0 m til 9.5 m, men det er atskillig jevnere fjelldybder på samme tverrsnitt. Tørrskorpeleiren går ned til ca. 5 m dybde, herfra er det fast til middels fast sensitiv til kvikk leire med noe silt, sand og grus. En gjennomsnittlig udrenert skjærfasthet kan settes til ca. 4 t/m<sup>2</sup>.

Seksjon 3 (ovenfor Tveten stasjon). Her varierer dybden til antatt fjell fra 21.5 m til 1.3 m og med forholdsvis store variasjoner på samme tverrsnitt. Tørrskorpeleiren er ca. 5.0 m dyp, herfra er det fast til middels fast sensitiv til kvikk leire, med noe silt, sand og grus. En gjennomsnittlig udrenert skjærfasthet kan settes til ca. 5.0 t/m<sup>2</sup>.



På de store fjelldybder langs hele strekningen er det tynne siltlag.

Resultatene av ødometerforsøkene (bilag 10 og 11) viste at leiren er meget forbelastet.

På bilag 12 og 13 er vist lengdeprofil langs hele strekningen med antatt fjellnivå for begge sidene.

#### STABILITETSFORHOLD:

Det er foretatt stabilitetsberegninger for å komme frem til både permanente og midlertidige skråninger langs Furusetbanens trase. Beregningene er basert på  $S_u$  - analyse, d.v.s. den udrenerte skjærfasthet er benyttet.

De midlertidige skråninger langs tunnelen bør ikke ha en helning større enn  $45^\circ$ . Ved Tveten stasjon er det nødvendig å bygge avlastningsplater for å unngå jordtrykket på tunnelen. Et snitt av dette sted med stabilitetsberegninger er vist på bilag 15. Avlastningsplaten bør ligge minst 2.0 m horisontalt inn i skjæringen. For den permanente skråningen under avlastningsplaten bør det fylles opp slik at skråningen får en helning på 1 : 2.

Der hvor Tvetenveien og Ytre Ringvei krysser Furusetbanen vil eventuelle avlastningsplater få meget store belastninger fra veifyllingene og av hensyn til stabiliteten av platene må det fylles opp inntil veggene slik at det blir liten eller ingen skråning. På disse stedene skulle det imidlertid ikke være behov for slike plater forutsatt tilstrekkelig komprimering av fyllingen bak veggen og at jordtrykket er tatt med i beregningene av tunnelveggene.

På bilag 14 er vist et tverrprofil av den åpne skjæring ovenfor tunnelen hvor forholdene er ugunstigst, med resultat av stabilitetsberegninger. Skråningssidene bør ikke være steilere enn 1 : 2 for ikke å få signinger i skråningene.

For byggetilstanden gir beregningene en sikkerhetsfaktor 1.31 og for den permanente tilstand  $> 2.0$ . Stabiliteten med hensyn til dyperegående glidesnitt er derfor tilfredsstillende.

Ved både østre og vestre ende av tunnelen hvor henholdsvis Ytre Ringvei og Tvetenveien krysser anbefaler vi at tunnelen forlenges ca. 25 m for at veiskråningen kan beholde en helning p, 1 : 2. Dersom støttemurer må benyttes kan fundamenteringen av disse utredes senere.



## FUNDAMENTERINGSFORHOLD:

På grunnlag av de målte skjærfastheter og beregnet belastning hvor både vekten av tunnelen og oppfylling over Furusetbanen er tatt i betraktning har vi kommet frem til følgende resultat: Ved Tveten stasjon bør tunnelen fundamenteres på pilarer eller peler til fjell. Her vil dybdene til antatt fjell under utgravningsnivå varierer fra ca. 0 m til 12.0 m. Det er derfor mest hensiktsmessig å bruke pilarer. Man skal være oppmerksom på at det nærmest fjell kan være vannførende sand- og gruslag som kan medføre innspyling av masser i pilarhullene.

Resten av tunnelen kan fundamenteres direkte på løsmassene med hel bunnplate. Den østre overgang fra pilarer på fjell til plate på løsmassene bør ligge nærmest mulig enden av Tveten stasjon. Den vestre overgang bør forlenges til ca. pel 7,2. Disse fugeplaseringsene burde være de mest ideelle med hensyn til mulige ujevne setninger mellom de to fundamenteringer.

Setningene av tunnelen som ikke er fundamentert på fjell vil bli meget små. Ødometerforsøkene viste at leiren er svært forbelastet og har da med andre ord en meget lav sammentrykbarhet. En annen viktig faktor som vil redusere setningene er at den nødvendige utgravning vil forårsake en avlastning som langs størsteparten av tunnelen er større enn fundamenteringsbelastningen.

## KONKLUSJON:

Resultatet av undersøkelsen viser at tørrskorpeleiren gjennomgående er ca. 5 m tykk. Den underliggende leire er fast til middels fast og sensitiv til kvikk. En gjennomsnittlig udrenert skjærfasthet kan settes til ca. 4.0 t/m<sup>2</sup>. Den antatte fjelldybden varierer fra 22.0 til 10.0 m.

Tunnelen bør fundamenteres på pilarer fra ca. pel 7,2 til østre ende av Tveten stasjon. Utenom Tveten stasjon kan tunnelen fundamenteres på hel plate direkte på løsmassene.

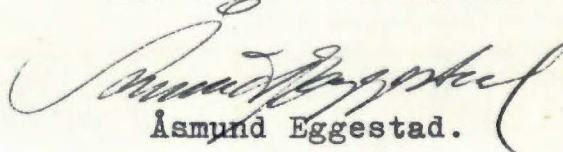
Setningene av tunnelen vil bli minimale fordi leiren er forbelastet og fordi avlastningen p.g.a. utgravningen for det meste langs tunnelen er større enn fundamentbelastningen.

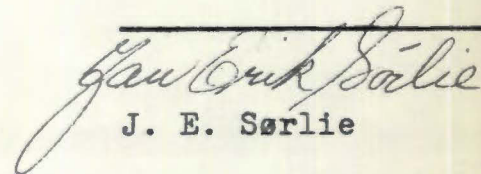
For å unngå jordtrykket langs søndre side av Tveten stasjon er det nødvendig å bygge en avlastningsplate ut mot skråningen. Denne avlastningsplaten bør gå minst 2.0 m inn i skråningen og den permanente helning av skråningen under platen bør fylles opp til 1 : 2. Helningen av de permanente skråninger bør ikke være mer enn 1 : 2.

De midlertidige skråninger for tunnelutgravningen er foreslått med maksimum 45° helningsvinkel.

Det har vist seg at skråninger på 1 : 1 i leire vil få lokale utglidninger etter en viss tid. Mye regn eller oppbløtning om våren vil redusere denne tiden. Tiden kan ikke beregnes, heller ikke er det mulig å si noe bestemt på grunnlag av erfaringer. Derfor anbefaler vi at byggegruppen står åpen i kortest mulig tid og at en må være oppmerksom på muligheten for lokale utglidninger spesielt under dårlige værforhold. Man skal også være oppmerksom på at lokale utglidninger i så høye skjæringer som i dette tilfelle er mer betenkelig enn i skjæringer med mer normal høyde.

Geoteknisk konsulent.

  
Åsmund Eggestad.

  
J. E. Sørli



Beskrivelse av sonderingsmetoder.

## DREIEBORING:

Det anvendte borutstyr består av 20 mm borstenger i 1 m lengde som skrues sammen med glatte skjøter. Boret er nederst forsynt med en 20 cm lang pyramideformet spiss med største sidekant 30 mm. Spissen er vridd en omdreining.

Boret presses ned av minimumsbelastning, idet belastningen økes trinnvis opp til 100 kg. Dersom boret ikke synker for denne belastning foretas dreining. Man noterer antall halve omdreining pr. 50 cm synkning av boret.

Ved opptegning av resultatene angis belastningen på venstre side av borhullet og antall halve omdreining på høyre side.

## HEJARBORING: (RAMSONDERING).

Et Ø 32 mm borstål rammes ned i marken ved hjelp av et fall-lodd. Borstålet skrues sammen i 3 m lengder med glatte skjøter, og borstålet er nederst smidd ut i en spiss. Ramloddets vekt er 75 kg. og fallhøyden holdes lik 27 - 53 eller 80 cm, avhengig av rammemotstanden.

Hvor det er relativt store dybder (7-8 m eller mer) anvendes en løs spiss med lengde 10 cm og tverrsnitt 3.5 x 3.5 cm. Den større dimensjon gjør at friksjonsmotstanden langs stengene blir mindre og boret vil derfor lettere registrere lag av varierende hårdhet. Videre medfører denne løse spiss at boret lettere dras opp igjen idet spissen blir igjen i bakken.

Antall slag pr. 20 cm synkning av boret noteres og resultatet kan fremstilles i et diagram som angir rammemotstanden  $Q_0$ .

Rammemotstanden beregnes slik:  $Q_0 = \frac{W \cdot H}{4s}$  hvor W er loddets vekt,

H er fallhøyden og  $\Delta s$  er synkning pr. slag. Dette diagram blir ikke opptegnet hvis man bare er interessert i dybden til fjell eller faste lag.

## COBRABORING:

Det anvendte borutstyr består av 20 mm borstenger i 1 m lengde som skrues sammen med glatte skjøter. Boret er nederst forsynt med en spiss.

Dette utstyr rammes til antatt fjell eller meget faste lag med en Cobra bormaskin.

## SLAGBORING:

Det anvendte borutstyr består av et sett 25 mm borstenger med lengdene 1, 2, 3, 4, 5 og 6 m. Stengene blir slått ned inntil antatt fjell er nådd. (Bestemmes ved fjellklang).

## SPYLEBORING:

Utstyret består av 3 m lange  $\frac{1}{2}$ " rør som skrues sammen til nødvendige lengder.

Gjennom en spesiell spiss som er skrudd på rørene, strømmer vann under høyt trykk, og løsner jordmassene foran spissen under nedpressing av rørene. Massene blir ført opp med spylevannet. Bormetoden anvendes i finkornige masser til relativt store dyp.



Beskrivelse av prøvetaking og måling av skjærfasthet og porevannstrykk i marken.

PRØVETAKING:

A. 54 mm stempelprøvetaker Med dette utstyr kan man ta opp uforstyrrede prøver av finkornige jordarter. Prøven tas ved at en tynnvegget stålsylinder med lengde 80 cm og diameter 54 mm presses ned i grunnen. Sylinderen med prøven blir forseglet med voks i begge ender og sendt til laboratoriet.

B. Skovelbor Dette utstyr kan anvendes i kohesjonsjordarter og i friksjonsjordarter når disse ligger over grunnvannsnivået. Det tas prøver (omrørt masse) for hver halve meter eller av hvert lag dersom lagtykkelsen er mindre.

C. Kannebor Prøvetakeren består av en ytre sylinder med en langsgående skjærformet spalteåpning, løst opplagret med en dreiefrihet på  $90^{\circ}$  på en indre fast sylinder med langsgående spalteåpning.

Prøvetakeren fylles ved at skjæret ved dreining skraper massen inn i den indre sylinder.

Utstyret kan anvendes ved friksjons- og kohesjonsjordarter.

VINGEBORING:

Skjærfastheten bestemmes i marken ved hjelp av vingebor.

Et vingekors som er presset ned i grunnen dreies rundt med en bestemt jamn hastighet inntil en oppnår brudd.

Maksimalt torsjonsmoment under dreiningen gir grunnlag for beregning av skjærfastheten.

Grunnens skjærfasthet bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand.

Målingene utføres i forskjellige dybder.

Ved vurdering av vingeborresultatene må en være oppmerksom på at målingene kan gi gale verdier dersom det finnes sand, grus eller stein i grunnen.

Skjærfasthetsverdien kan bli for stor dersom det ligger en stein ved vingen, og den målte verdi kan bli for lav dersom det presses ned en stein foran vingen, slik at leira omrøres før målingen.

PIEZOMETERINSTALLASJONER:

Til måling av poretrykket i marken anvendes et utstyr som nederst består av et porøst  $\emptyset$  32 mm bronsefilter. Dette forlenges oppover ved påskrudde rør. Fra filteret føres plastslange opp gjennom rørene. Filteret med forlengelsesrør presses eller rammes ned i grunnen. Systemet fylles med vann og man måler vanntrykket ved filteret ved å observere vannstanden i plastslangen.

Poretrykksmålinger må som regel foregå over lengre tid for å få registrert variasjoner med årstid og nedbørsforhold.



Beskrivelse av vanlige laboratorieundersøkelser:

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. For sylinderprøvenes vedkommende blir det skåret av et tynt lag i prøvens lengderetning. Derved blir eventuell lagdeling synlig.

Dernest blir følgende bestemmelser utført:

Romvekt  $\gamma$  ( $t/m^3$ ) 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 konsistensgrenser er meget viktige ved en bedømmelse av jordartenes egenskaper. Et naturlig vanninnhold over flytegrensen viser f.eks. at materialet blir flytende ved omrøring. Konsistensgrensene blir vanligvis bestemt på annenhver prøve.

Skjærfastheten  $s$  ( $t/m^2$ ) er bestemt ved enaksede trykkforsøk. Prøven med tverrsnitt  $3.6 \times 3.6$  cm og høyde 10 cm skjæres ut i senter av opptatt prøve,  $\emptyset$  54 mm. Det er gjennomgående utført to trykkforsøk for hver prøve. Det tas hensyn til prøvens tverrsnittssøking under forsøket. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Videre er '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.

Sensitiviteten  $S_t = \frac{s}{s'}$ , er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og omrørt tilstand. I laboratoriet er sensitiviteten bestemt på grunnlag av konusforsøk. Sensitiviteten bestemmes også ut fra vingeborresultatene. Ved små omrørte fastheter vil imidlertid selv en liten friksjon i vingeboret kunne influere sterkt på det registrerte torsjonsmoment, slik at sensitiviteten bestemt ved vingebor blir for liten.



Beskrivelse av spesielle laboratorieundersøkelser:

ØDOMETERFORSØK:

For å finne en leires sammentrykkbarhet utføres ødometerforsøk. Prinsippet ved ødometerforsøkene er at en skive av leiren med diameter 5 cm og høyde 2 cm belastes vertikalt.

Prøven er innesluttet av en sylinder og ligger mellom 2 porøse filtersteiner. Lasten påføres trinnvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn.

Sammentrykkingen av prøven uttrykkes ved forandringen av leirens porettall  $e$ , når trykket  $p$  økes. Resultatet fremstilles i et  $e - \log p$  diagram.

Forsøkene danner grunnlag for beregning av størrelsen og tidsforløpet av konsolideringssetningene i marken. Tidsforløpet er i vesentlig grad avhengig av dreneringsforholdene og beregningen av dette er derfor relativt usikker.

PROCTOR STANDARDFORSØK:

Proctorapparatet består av en prøvesylinder og et fall-lodd. Sylindern hvori prøven stamper, har en diameter på 10 cm og en høyde på 18 cm. Den er delt i to deler, slik at man etter at prøven er ferdig stampet kan løsgjøre den øverste sylinder og skjære av jordprøven, hvorved man i den nederste sylinder får en prøve med høyde 10 cm til bestemmelse av tørr-romvekten. Prøvesylindern står på et dreibart underlag. Fall-loddets diameter er halvt så stor som sylinderns, og ved å dreie denne en viss vinkel mellom hvert slag, kan prøven få en jevn kompromering.

Fall-loddet har en vekt på 2,5 kg. og ved standardforsøk lar man det falle fritt 30 cm.

Prøvematerialet må være frasiktet komponenter større enn 16 mm.

KORNFORDELINGSANALYSER:

Korngraderingen av grovkornige masser ( $d > 0,06$  mm) som sand og grus blir bestemt ved sikting. Det benyttes en vanlig siktesats med maskeåpninger 8.0 - 4.0 - 2.0 - 1.0 - 0.5 - 0.25 - 0.12 og 0.06 mm.

For finkornige jordarter ( $d < 0.06$  mm) som silt og leire benyttes hydrometeranalyse. En viss mengde tørt materiale oppslemmes i en bestemt mengde vann. Ved hjelp av et hydrometer bestemmes synkehastigheten av de forskjellige kornfraksjoner og på grunnlag av Stoke's lov kan kornstørrelsen tilnærmet beregnes.

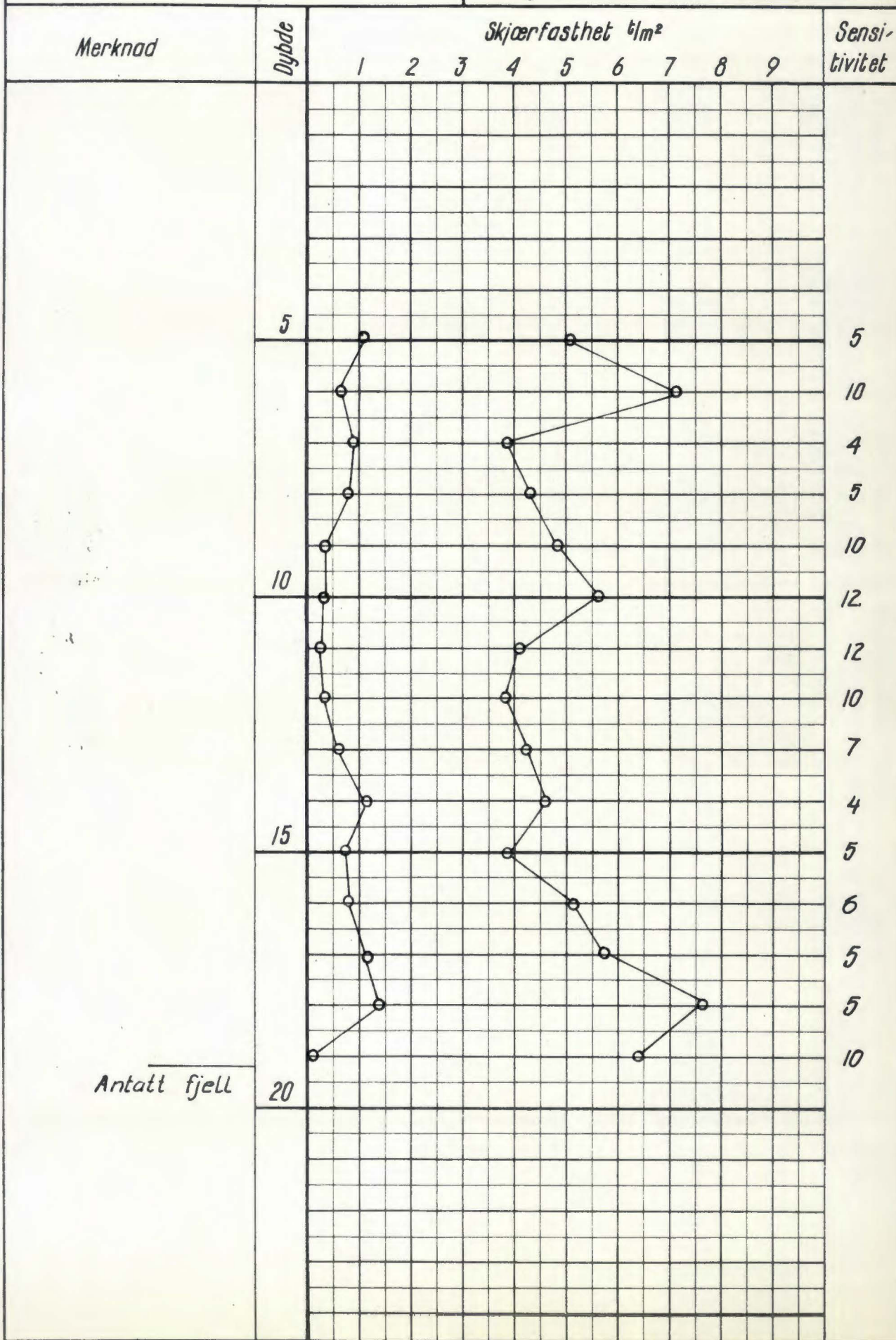






OSLO KOMMUNE  
 GEOTEKNISK KONSULENTS KONTOR  
**VINGEBORING**  
 Sted: Tveita

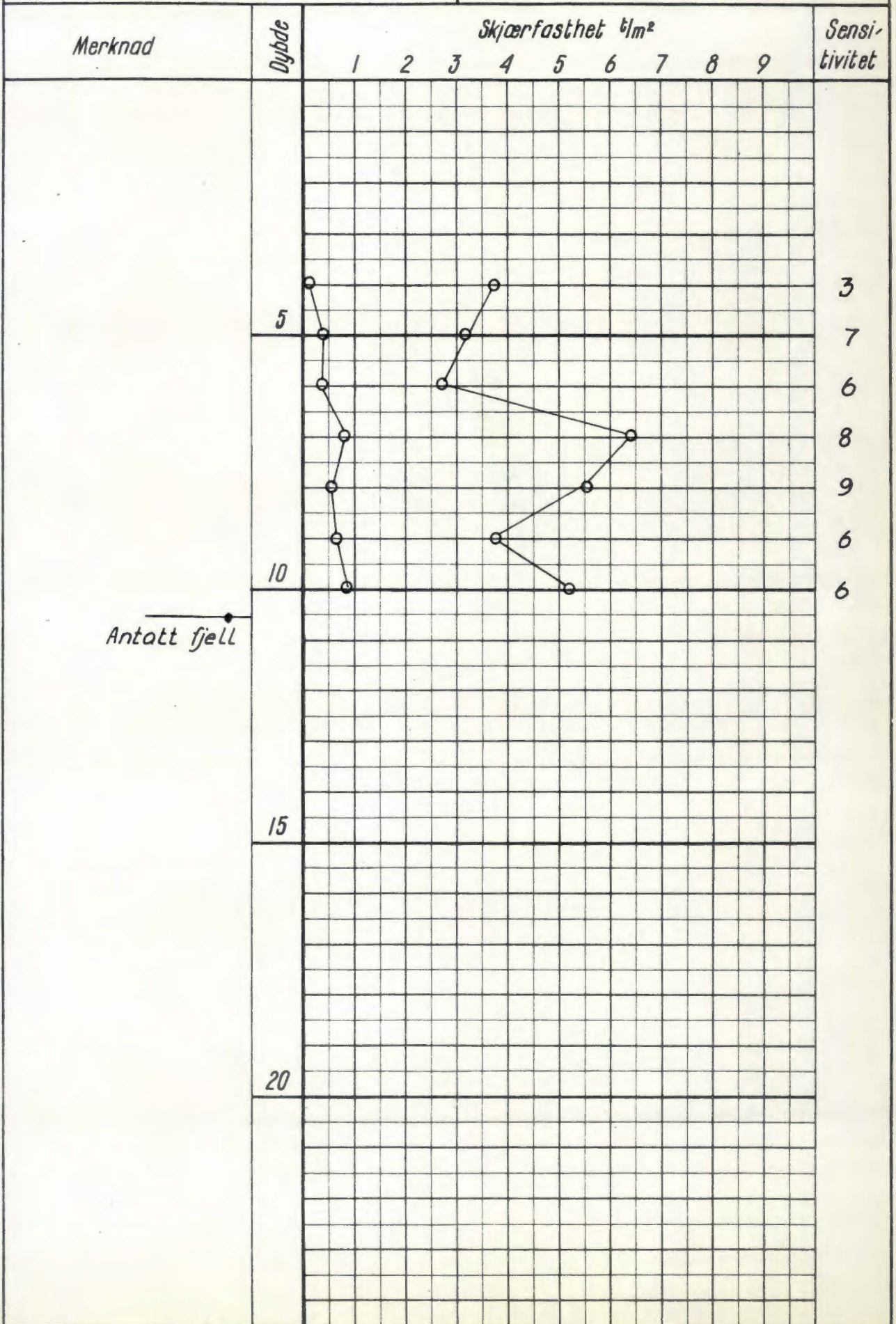
Hull: 24 Bilag: 2  
 Nivå: 148.29 Oppdr.: R-622  
 Ving: 55-110 Dato: Sep 64





OSLO KOMMUNE  
 GEOTEKNISK KONSULENTS KONTOR  
**VINGEBORING**  
 Sted: *Tveita*

Hull: 30 Bilag: 3  
 Nivå: 151.38 Oppdr.: R-622  
 Ving: 55 \* 116 Dato: Sep 64





















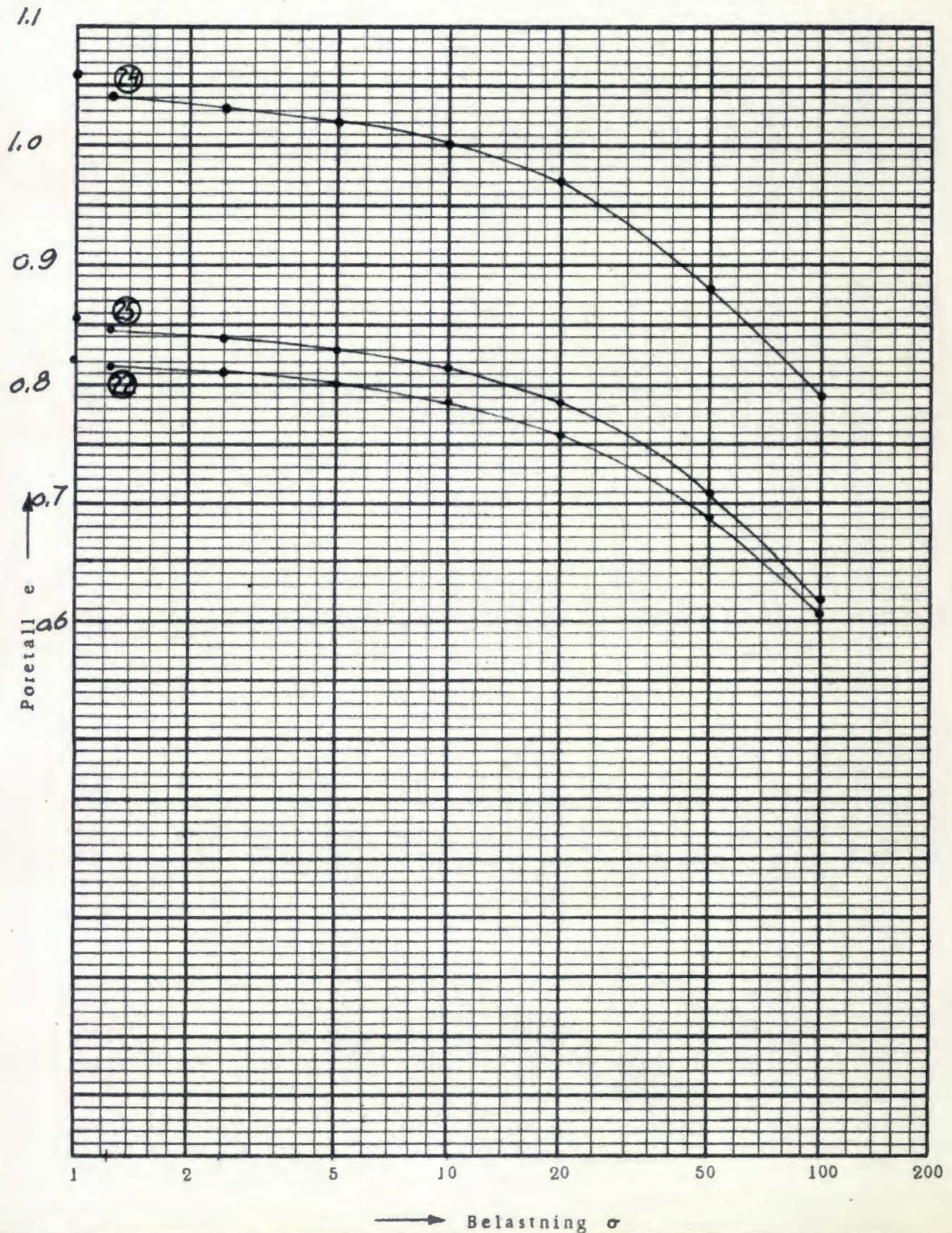








Lab. nr.	Prøve nr.	Dybde m	Effektivt overlagrings-trykk $\tau/m^2$	For-belastning $\tau/m^2$	$C_c$ Sammen-tryknings-tall	% Primær-setning	$c_v$ Konsolide-ringskoeff. $m^2/sek \times 10^7$	E Elastisitets-modul $\tau/m^2$
622-22		8,0-8,8	11	25				
622-24		10,0-10,8	13	20				
622-25		12,0-12,8	15	30				

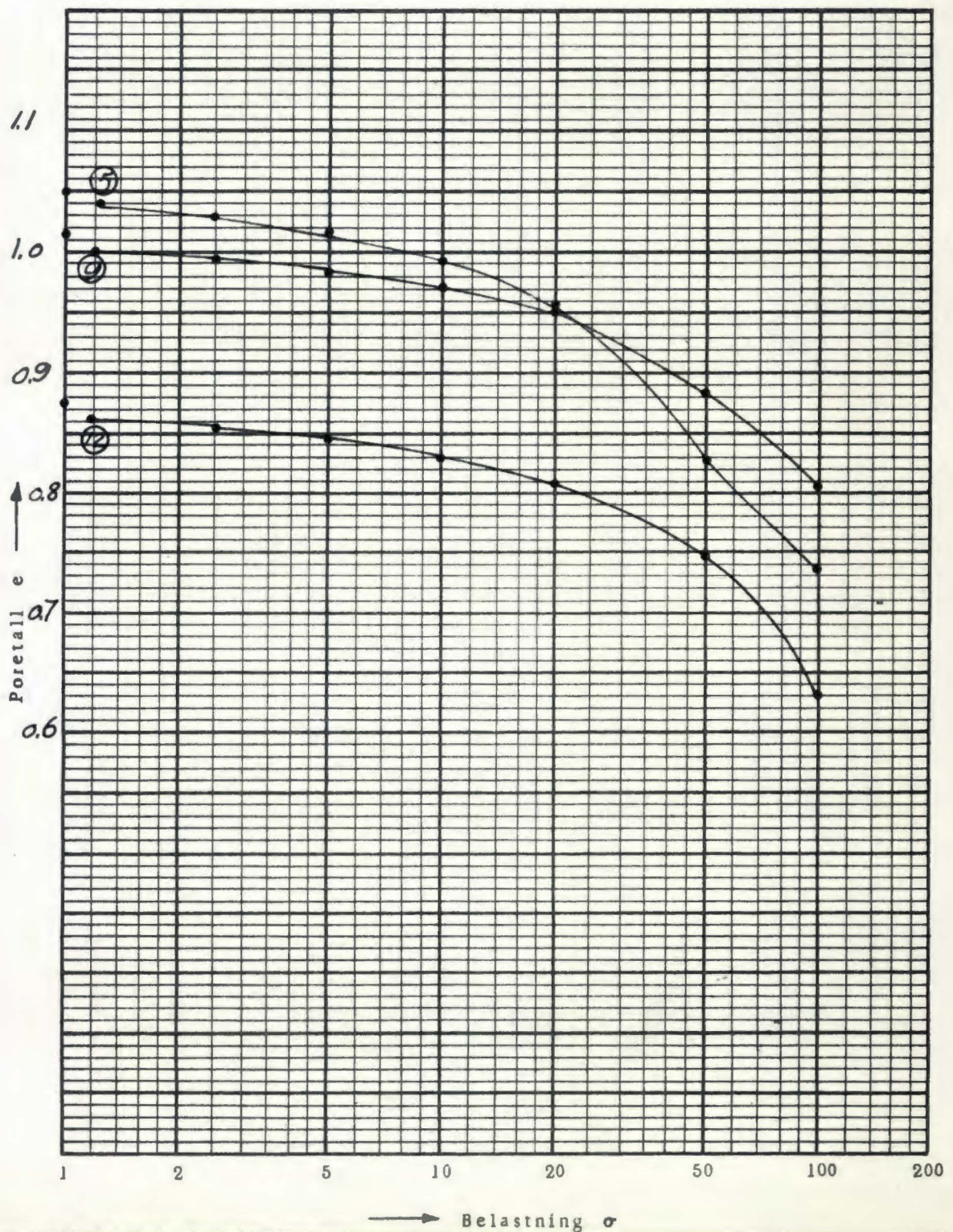


Anmerkninger



ØDOMETERFORSØK

Lab. nr.	Prøve nr.	Dybde m	Effektivt overlagrings-trykk $\nu/m^2$	For-belastning $\nu/m^2$	$C_c$ Sammen-tryknings-tall	% Primær-setning	$c_v$ Konsolide-ringskoeff. $m^2/sek \times 10^7$	E Elastisitets-modul $\nu/m^2$
622 - 5		4.3 - 4.4	6	15				
622 - 9		8.3 - 8.4	10	25				
622 - 12		13.2 - 13.3	15	35				



Anmerkninger



Pel nr. 71

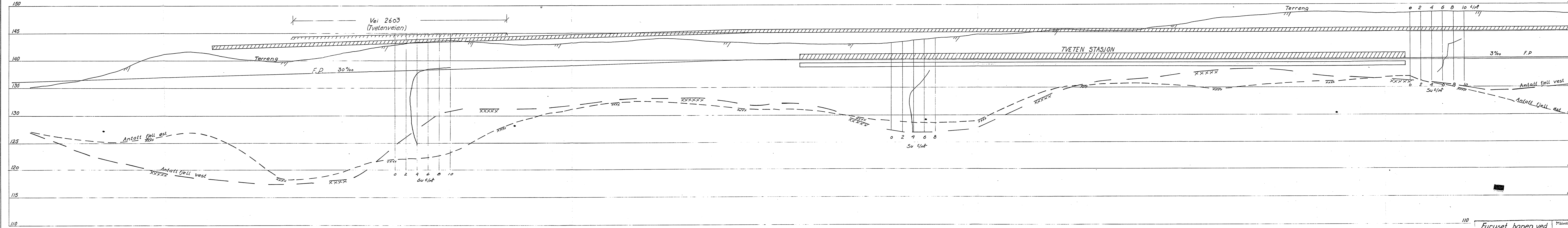
Pel nr. 72

Pel nr. 73

Pr. 21

Pr. 59

Pr. 66  
Vb 19  
+ 0



110

Furuset banen ved Tveita

Lengdeprofil mellom Pel 7075 - 7355

OSLO KOMMUNE

Målestokk 1:200

R. 622

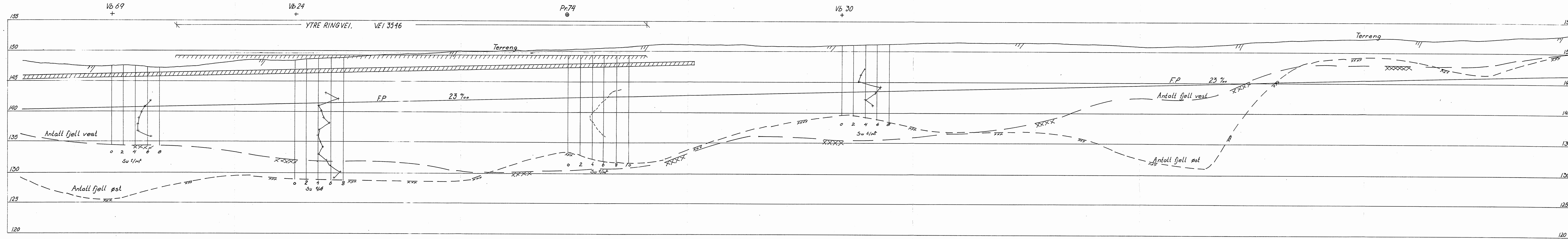
Dato Sep. 64



Pel nr. 74

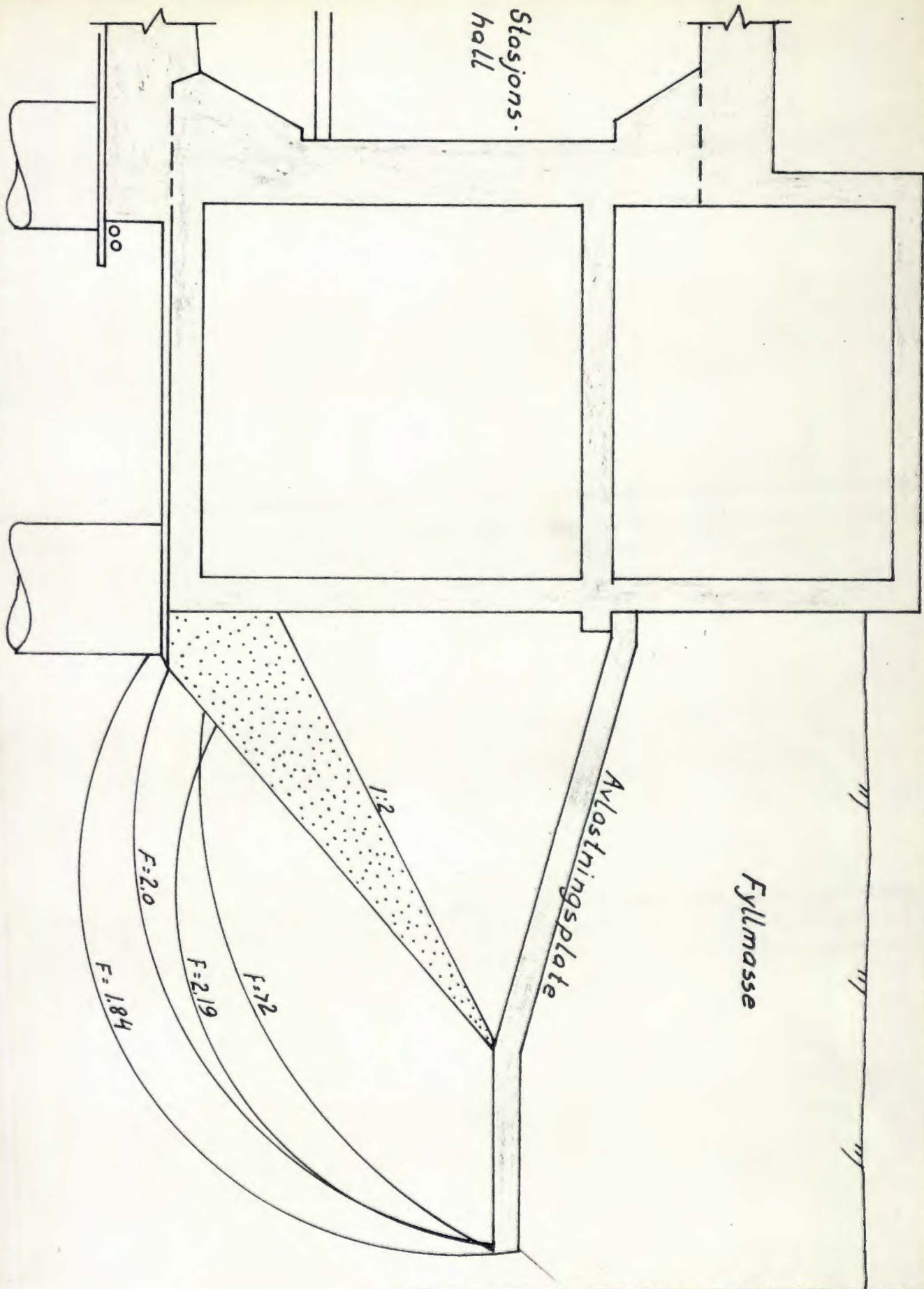
Pel nr. 75

Pel nr. 76



Furuset banen ved Tveita		Målestokk
Lengdeprofil mellom Pel 7355 - 761		1:200
OSLO KOMMUNE		R 622
Geoteknisk avdeling		Bilag 13
Dato: Sep 64		SDA 071





Tveten stasjon

Tverrsnitt med  
avlastningsplate.

OSLO KOMMUNE  
Geoteknisk konsulent

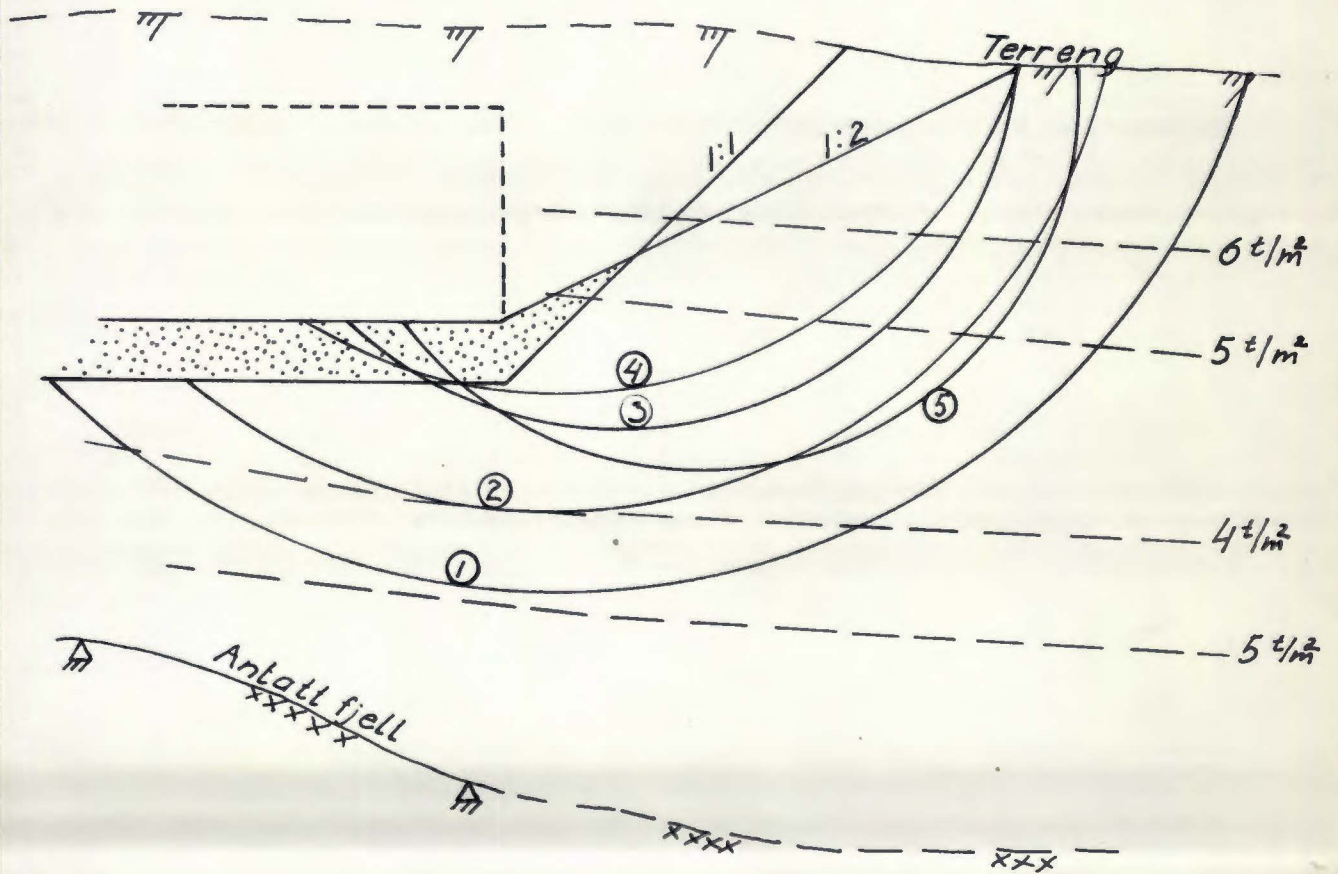
Målestokk  
1:50

R-622  
Bilag 14

Dato

Kart ref. 50A0.J.1





Helning sirkel:	①	②	③	④	⑤
1:1 Midlertidig, F=	1.31	1.31		1.69	
1:2 Permanent, F=		2.25	2.3		2.0

Tverrprofil ved østre ende av Tveten stasjon	Målestokk 1:200	Kart ref. 50.N0.I.1
	R- 622 Bilag 15	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk konsulent	Dato Okt. 64	