

Undergr.

Holmlia v/Asperud.

Ledningstraséer v/Rydingen.

R-1453

22. nov. 1977.

**OSLO KOMMUNE**

**GEOTEKNISK KONTOR**

SO: F14

Okavk. mars-24 GC

rey



OSLO KOMMUNE  
Geoteknisk kontor  
KINGOS GT. 22, OSLO 4  
TLF. 37 29 00

**RAPPORT OVER:**

Holmlia v/Asperud

Ledningstraseér v/Rydingen.

R - 1453

22. november 1977

- Bilag A og B: Beskrivelse av bormetoder
- " C og D: Beskrivelse av laboratorieundersøkelser
  - " 1: Situasjons- og borplan
  - " 2a og b: Lengdeprofiler - ledningstraseér
  - " 3: Borprofil (A)
  - " 4: Borprofil (D)
  - " 5: Borprofil (Hull 1250, vei 1815B)
  - " 6: Borprofil (Hull 25)
  - " 7: Torvklassifisering (vei 1815B)
  - " 8: Torvklassifisering (ledningstraseér)
  - " 9: Setningskurver i torv (i vei 1815B)
  - " 10: Setningskurver i torv (i ledningstrasseéne)
  - " 11: Ødometerforsøk (A)
  - " 12: Forslag til ledningstraseér

#### INNLEDNING:

I henhold til rekvisisjon nr. 15451 av 28. april 1977 fra Vann- og kloakkvesenet har Geoteknisk kontor foretatt omfattende grunnundersøkelser i området ved Rydningen.

Hensikten med undersøkelsen har vært å klarlegge fjellprofilen i angitte ledningstraseer, eventuelt å foreslå nye traseer på bakgrunn av borresultatene, samt å undersøke mulighetene for frømføring av ledningene ved hjelp av åpne grøfter eller rørtrykking.

Det er tidligere utført undersøkelser i området, og dessuten ble det nå i samme omgang utført undersøkelser for velvesenet (Ljåbrudiagonalen). Resultater fra disse er tatt med i den utstrekning det er av interesse for dette oppdraget.

#### MARKARBEID OG LABORATORIEUNDERSØKELSER:

Markarbeidet ble utført i månedskifte juni/juli 1977 av mannskap fra Siv.ing. S.F.Nilsen da våre egne borlag var opptatt på andre oppdrag. Tilleggsundersøkelsene som ble utført i oktober 1977 ble imidlertid utført av våre egne borlag, disse omfatter 11 dreieboringer og en del skovlboringer.

Hele arbeidet omfatter mer enn 90 dreieboringer, 3 uforstyrrede prøveserier tatt med 54mm prøvetager, en rekke forstyrrede prøveserier av torven tatt med torvkannebor for å registrere torvtykkelsen i området og å undersøke torvens egenskaper samt målinger av grunnvannstanden som pågår kontinuerlig.

Beskrivelse av bormetodene er gitt på bilag A og B. Borplan er vist på bilag 1 og lengdeprofiler av ledningstraseene er vist på bilag 2a og b.

Laboratorieundersøkelsene omfatter visuell klassifisering og måling av vanninnholdet i samtlige prøver. I de uforstyrrede leireprøvene er i tillegg målt plastisk område, romvekt, sensitivitet og skjærfesthet ved konusmetoden og ved trykkforsøk.

Torvprøvene er klassifisert etter von Post-skala og organisk innhold er målt ved hjelp av glødetap. Videre ble det utført et ødometerforsøk på en prøve fra punkt A.

Beskrivelse av laboratorieuundersøkelsene er gitt på bilag C og D. Forøvrig er resultat av alle laboratorieuundersøkelsene gitt på bilagene 3-11.

#### BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE:

Grunnforholdene ved Rydningen må karakteriseres som meget dårlige. Forholdene varierer en del, og det dårligste området er langs Holmveien og sydover langs en dreneringsgrøft midt på feltet.

Den uforstyrrede prøveserien ved pel 1250 i Ljabrudiagonalen langs ledningstrasé Q-R-T gir et godt bilde av de dårligste massene i området. Den viser at de øverste ca 4,0m er torv med et vanninnhold på over 1400% og et organisk innhold på mer enn 90%. Under denne torven finnes en lite sensitiv, men meget bløt leire med en skjærfasthet på mellom 0,5 og  $1,0 \text{ t/m}^2$  og et vanninnhold på over 50% ned til ca 9m. Fra 9 til 17m finnes en meget bløt/bløt kvikkleire med en skjærfasthet mellom 1,0 og  $1,5 \text{ t/m}^2$  og synkende vanninnhold fra 50% ved 9m dybde til 33% ved 17m dybde. Romvekten i leiren øker mot dypet fra ca  $1,7 \text{ t/m}^3$  til ca  $1,9 \text{ t/m}^3$ . De dårlige områdene med tilsvarende masser strekker seg sammenhengende sydvestover et stykke forbi punkt A. Dette bekreftes også av hull nr.25 fra en tidligere undersøkelse.

Hull A består øverst av et 4m tykt torvlag som har et vanninnhold på ca 700% og et organisk innhold på 85%. Humifiseringsgraden (H) etter von Post's skala varierer mellom H3 og H6. Den underliggende lite sensitive, bløte leiren har en skjærfasthet på  $1,0-1,5 \text{ t/m}^2$  og et vanninnhold økende fra 45% ved 4m dybde til 55% ved 9m dybde. Ved 9m dybde har den en skjærfasthet på ca  $1,5 \text{ t/m}^2$  som øker mot dypet og er ca  $3,0 \text{ t/m}^2$  ca 13,5m under terreng. Vanninnholdet er her ca 35% og romvekten varierer mellom ca  $1,7 \text{ t/m}^2$  og ca  $1,9 \text{ t/m}^2$ . Grunnforholdene i ledningstraséen videre sydover fra B mot C-D og G er noe bedre i og med at torvlaget blir mindre og forvinner helt 20 - 30m syd for punkt C. Da det er spesielt ønskelig å kjenne grunnforholdene ved punkt D ble det tatt en uforstyrret prøveserie i området. Denne viser at under en tørrskorpe på ca 2m finnes en lite

sensitiv, siltig leire med skjærfasthet i underkant av  $1,0 \text{ t/m}^2$  ned til 9m. Vanninnholdet øker fra 30% ved 1m dybde til 50% ved 5m og deretter øker til ca 30% ved 9m dybde. Romvekten varierer mellom ca  $1,7 \text{ t/m}^3$  og  $1,9 \text{ t/m}^3$ .

Torvprøvene viser varierende egenskaper i ledningstraseene. Torven ved punkt A har en mæktighet på ca 4m, en humifiseringsgrad varierende mellom H3 og H8, et vanninnhold på gjennomsnittlig 700% og et organisk innhold på 80 %.

Ved punkt R har torven en mæktighet på ca 2m med en humifiseringsgrad økende mot dypet fra H2 til H8, et vanninnhold på gjennomsnittlig 450%, og et organisk innhold på gjennomsnittlig 80%.

I punkt S har torven en mæktighet på 2,75m og en humifiseringsgrad økende fra H2 til H6 mot dypet, vanninnholdet er gjennomsnittlig 350% og det organiske innholdet ca 80%.

Der ledningstraseen fra R til T krysser hovedløpet i Ljæbrudiagonalen har torven en mæktighet på ca 4,0m med et vanninnhold varierende fra 115% til 149% og et organisk innhold på ca 93%. Romvekten på samtlige torvprøver varierer mellom 0,9 og  $1,1 \text{ t/m}^3$ . Forøvrig er det tatt torvprøver på forskjellige steder i området og torvprøvenes egenskaper er fremtatt på bilag 7 og 8. Torvdybdene er også målt en rekke steder og disse er vist på bilag 2a og b.

Grunnvannstanden, observert i juni/juli 1977, varierte fra 0,5 - 1,5m under terreng, disse målingene pågår kontinuerlig.

Overgangen mellom fjell og løsmasser er veldig brå da fjelloverflaten er veldig steil, noen steder med mulighet for overheng. På traseen K-L ble fjell påvist på 1,7m, ved å flytte 3m til siden ble fjell påtruffet på 16,1m. Tilsvarende forhold finnes flere steder.

#### FORSLAG TIL LEDNINGSTRASEER:

På grunn av faren for setningsskader har vi foreslått at de fleste ledningene blir flyttet til mer egnede traseer. Disse er opptegnet på bilag nr.12

Traseen P-K og O-J ligger begge i så gode masser at det eventuelt valg av de to alternativene kan foretas uten å ta hensyn til

grunnforholdene. Ledningen kan legges i åpen grøft med skråning 1:1.

Rørtrykking under Østfoldbanen helt syd i området ved punkt D anses mulig i de massene som er vist på bilag 4. I de to opprinnelige ledningstraséalternativene medfører rørtrykking en del sprengningsarbeider enten på vestsiden eller østsiden av jernbanen avhengig av hvilken trasé som velges da det der finnes fjell i dagen. Fjell kan ifølge grunnboringene unngås hvis ledningen trykkes på skrå under jernbanen fra punkt F til 10m nord for punkt O. Denne trasé er anbefalt på bilag 12.

Kryssing av østfoldbanen ved hjelp av rørbro er også vurdert og den kan fundamenteres på fjell i dagen hvis man velger den trasé som er angitt på bilag 12. Hvis denne trasé ikke egner seg må rørbroen fundamenteres på løsmasser og da må fundamenteringen vurderes nærmere avhengig av fundamentets plassering. Fundamentering på løsmasser antas imidlertid ikke å medføre noe problemer.

Leggingen av ledningene i trasé O-L kan utføres enten ved hjelp av rørtrykking eller ved hjelp av en spuntet grøft. Den uforstyrrede prøveserien fra punkt A indikerer egnede masser for rørtrykking, men det antas at en spuntet grøft vil falle noe rimeligere på tross av at grøften vil bli så dyp som ca 5,0m i de bløte massene som finnes i dette området. Uansett om det skal benyttes rørtrykking eller åpen spuntgrøft må leggingen av disse ledningene utføres etter at forbelastningen på vei 3840 er fjernet. Setningene i torvlaget på grunn av forbelastningen skal være unnegjort, men setningene i leiren som ledningene blir fundamentert på ved rørtrykking vil være påbegynt, men forsette i mange år. De totale setningene i leiren på det dypeste området antas å bli 5-10cm under forutsetning av at fyllingen på den prosjekterte veien ikke utgjør en tilleggsbelastning på mer en  $1,0 \text{ t/m}^2$ . Dersom spuntet grøft blir benyttet bør det masseutskiftes i ledningstraséen, og tilbakefyllingen bør skje med lette masser, lettbetongavfall eller leca, for å unngå større tilleggsbelastning enn nødvendig. Slike masser er tilnærmet setningsfrie og ledningen kan ligge på hvilket som helst nivå sett fra geoteknisk synspunkt.

Ledningene fra kryssingen med jernbanen v/punkt D mot punkt M kan legges i en åpen grøft langs den steile fjelloverflaten i en trasé som vist på bilag 12. Da vi har konstatert at det i 3m bredde fra

fjell i dagen og ut på myrområdet (østover) ikke finnes torv av betydning, anser vi at størrelsen på fremtidige setninger på disse ledningene vil bli ubetydelige. Hvis disse ledningene skal legges mens forbelastningen pågår må det påses at det ikke forbelastes nærmere enn 3m fra grøftekanten. Dette kan unngås ved at det tynne torvlaget som eventuelt finnes nærmere enn 3m fra grøftekanten masseutskiftes slik at forbelastning blir unødvendig. Ledningene kan forøvrig legges i åpen grøft med skråning 1:1. Den steile fjelloverflaten vil danne vestre skråning langs store deler av traséen. Ledningstraséen og grensen mellom løsmasser og fjell i dagen er ikke nøyaktig innmålt slik at traséen kan ikke settes ut på grunnlag av plasseringen på kartet, men må settes ut i forhold til fjell i dagen i terrenget.

Traséen Q fra eksisterende anlegg på Øvre Ljanskollen skal legges en helt ny trasé. Etter avtale med veivesenet bør ledningen legges øst for rampe D ved siden av veifyllingen i motsetning til den opprinnelige traséen som gikk i veifyllingen. Det eksisterende ledningsnett som krysser Holmveien og den prosjekterte Ljabrudiagonalen og følger Østfoldbanen nordover vil sannsynligvis settes ut av funksjon på grunn av ledningsbrudd når setningene fra forbelastningen gjør seg gjeldende. Derfor må den nye traséen sørge for avløp fra Øvre Ljanskollen før forbelastningen av Ljabrudiagonalen og rampe D kan begynne eventuelt midlertidig via den eksisterende ledningen langs Østfoldbanen. Dette innebærer at den nye traséen vil komme fra kum i Storåsveien, og følge Storåsveien ned til Holmveien og krysse både Holmveien og den prosjekterte Ljabrudiagonalen for å følge gjerde mot NSB frem til den eksisterende spuntgropen, som vist på bilag 12. Hvis ikke ledningene i denne traséen skal ligge dypere enn frostfritt (maks 2m) kan de legges i en åpen grøft med skråning 1:1.

Den eksisterende kum og planlagte pumpestasjon med tilhørende ledningsnett som ligger i veikanten nord for Holmveien ved gnr. 194 br.nr. 535 antas å bli påført tilleggsbelastninger på grunn av forbelastningen på Ljabrudiagonalens rampe C. For å sikre den prosjekterte pumpestasjonen bør det 3m tykke torvlaget på dette sted masseutskiftes med mer setningsfrie masser som har tilnærmet samme romvekt som torv. Dette bør også gjøres med en ny kum hvis den gamle skal skiftes ut.

Både pumpestasjonen og en eventuell ny kum bør ikke under noen omstendighet plasseres nærmere rampe C enn den kummen som står der idag. Det antas at den eksisterende kummen vil bevege seg noe, men

ikke så mye at den vil settes ut av funksjon. Både nye og gamle installasjoner i dette området bør imidlertid kontrolleres ved hjelp av kontinuerlige målinger under forbelastningen.

#### KONKLUSJON:

Etableringen av de foreslåtte ledningsanlegg vanskeliggjøres både av de meget dårlige grunnforholdene og av byggingen av det prosjekterte toplankrysset i forbindelse med Ljabrudiagonalen. Veiene og rampene i dette krysset vil forårsake store setninger, flere steder på mer enn 1m. Disse setningene vil imidlertid stort sett foregå i de øverste meterene, d.v.s. i det meget kompressible torvlaget (0-5). For å fremskynde disse store setningene i torvlaget vil de fleste veier og ramper bli forbelastet. Dette vanskeliggjør bygging av ledningene der disse ligger i eller nær veitraséene, både på grunn av ekstra masseforflytting og fordi det vil pågå setninger.

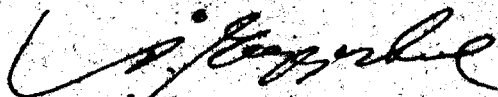
Setningene i den bløte leiren, hvor ledningene fortrinnsvis bør ligge er meget små sammelignet med setningene i torven, men de vil pågå over mye lengre tid, lenge etter at forbelastningen er fjernet og dette bør tas i betraktning med hensyn til fall på ledninger e.t.c. Alle de planlagte ledningstraséene er foreslått justert bortsett fra P-K og O-J som kan bli liggende der de er planlagt. Der fjelloverflaten har strøk parallelt med ledningstraséen foreslås at ledningen legges i leire som flere steder ligger i dagen helt inntil den steile fjelloverflaten. Forøvrig er ledningstraséene forsøkt lagt utenfor veifyllingene der dette er mulig, slik at ledningene ikke blir påført noen tilleggsbelastning.

Ledningsanlegget fra Asperud må krysse Østfoldbanen i den sydelige delen av området. Her ligger forholdene tilrette både for rørtrykking og for fundamentering av en ledningsbro på fjell. Dette skyldes det steile bratte fjellforløpet.

De planlagte ledningene fra Q til L kan legges enten ved hjelp av rørtrykking eller ved hjelp av spuntet grøft. En spuntet grøft vil sannsynligvis bli den rimligste løsningen. Hvis spuntet grøft blir benyttet kan man masseutskifte i traséen og legge ledningen på et grunnere nivå hvis det er ønskelig.

Det grunnforholdene i forhold som er angitt for de foresatte  
ledningstraseene, men da vi forutsetter et nært samarbeide under den  
videre prosjektering kan traseene justere noe som nødvendig.

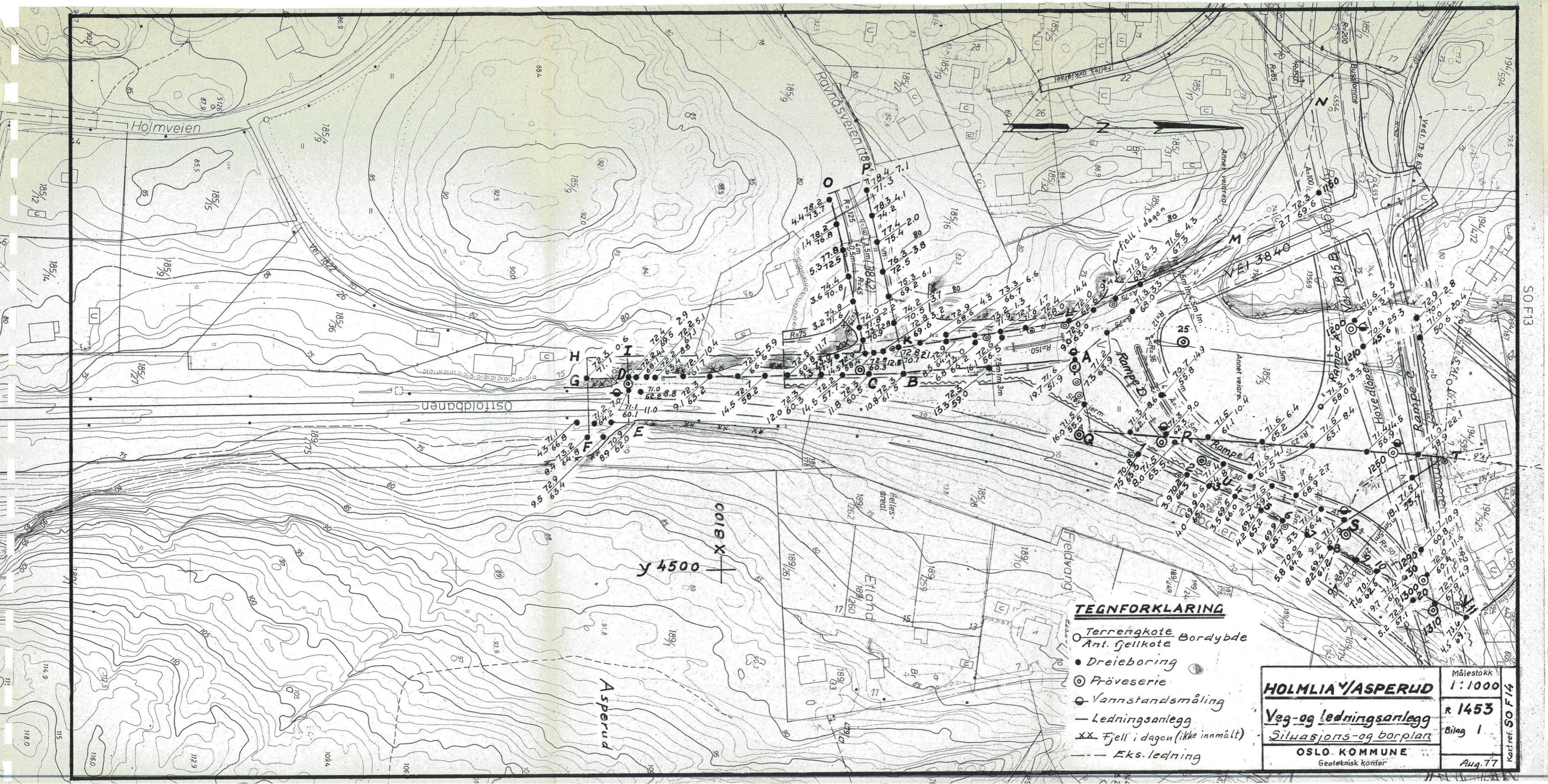
Geoteknisk kontor



A. Eggestad



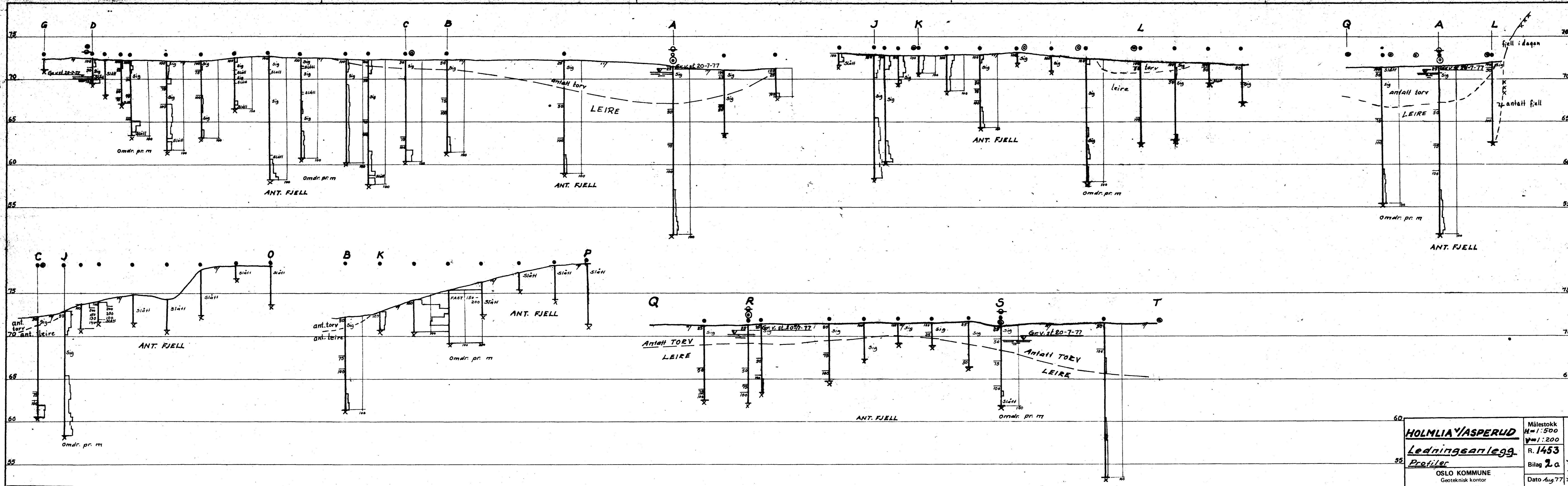
A. Robsrud



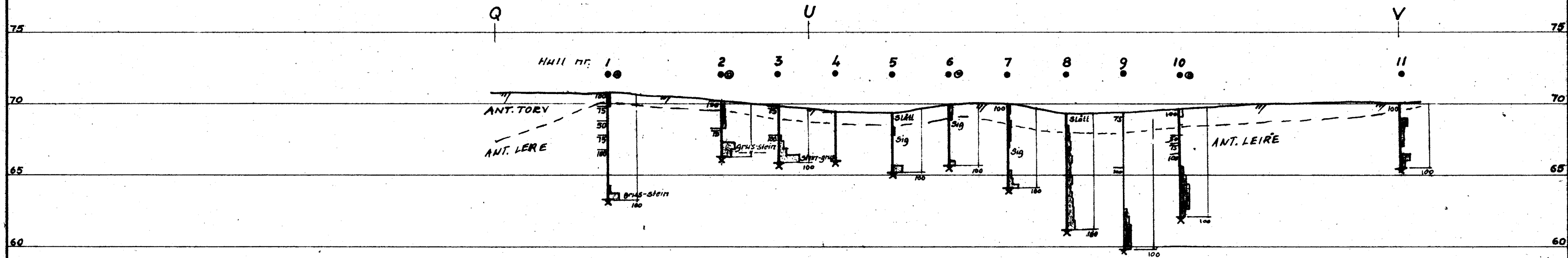
**TEGNFORKLARING**

- Terrengkote
- Ant. fjellkote
- Dreieboring
- ⊙ Prøveserie
- ⊖ Vannstandsmåling
- Ledningsanlegg
- xx Fjell i dagen (ikke innmålt)
- Eks. ledning

<b>HOLMLIA/ASPERUD</b> <b>Veg- og ledningsanlegg</b> <b>Situasjons- og borplan</b> <b>OSLO KOMMUNE</b> Geoteknisk kontor	Målestokk 1:1000
	R 1453 Bilag 1
Aug. 77	



<b>HOLMLIA/ASPERUD</b>		Målestokk H=1:500 V=1:200
<b>Ledningsanlegg</b>		R. 1453
<b>Profiler</b>		Bilag 2a
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor		Dato Aug 77



Rettet:

<b>HOLMLIA V/ASPERUD</b>	Målestokk H=1:500 V=1:200
<i>Ledningsanlegg</i>	R-1453
<i>Lengdeprofil Q-U-V</i>	Bilag 2 b
<b>OSLO KOMMUNE</b> Geoteknisk kontor	Dato 04.77

1:1000





BORPROFIL

Sted **HOLMLIA V/ASPERUD**

Hull: 1250

Nivå: 71.0

Prø: 54 mm

Akseldetormasjon %



Bilag: 5

Oppdrag: R-1453

Dato: Aug 77

Dybde m	Jordart	Symbol	Vanninnhold w				Romvekt $\gamma_m$	Stjærkfasthet ved trykforsøk				Sensitivitet	
			Plastisk område		$w_p$	$w_L$		Konusforsøk $\nabla$		Vingeboring $+$			
			20	30	40	50%		2	4	6	8	10	$\gamma_m$
	Nes tørrskorpe-leire	1				(w=14.0)	1.20						
	<b>TORV</b>	2				(w=14.80.3)	1.12						
		3				(w=14.91.1)	1.02						
		4				(w=11.4.0)	0.96						
	leirig	5				(w=38.5.6)	1.17						2
5	<b>LEIRE</b>	6	-----				1.67						7
	meget sensitiv sprekker og hull	7					1.66						3
	siltig	8	-----				1.71						7
		9					1.70						8
	siltig	10	-----				1.72						5
10	<b>KVIKKLEIRE</b>	11					1.76						32
	siltig	12	-----				1.78						21
15	siltig	13					1.82						30
	grusig og siltig	14	-----				1.87						30
	<b>Avsluttet</b>												
20													
25													



Resultat av torvprøvene

pø 1200 (vei 1815 B)

Dyp i m	Jordtype	von Post	Glødetapt <sup>1)</sup>	W % <sup>2)</sup>
0,5-1,0	Torv	H 2-3		700
1,5-2,0	" rotfibre	H 4	88	718
2,5-3,0	" ***	H 4		710
3,0-3,5	" trerester	H 5	93	790
3,5-4,0	" grønrester	H 7		710
4,0-4,5	" grøn-og rotrest	H 7	85	689
4,5-5,0	" rotrester	H 8		632
5,0-5,5	" ***	H 8	59	640
5,5-6,0	" ***	H 9		304
6,0-6,16	" ***	H 9	19	72

pø 1250 (vei 1815 B)

Dyp i m	Jordtype		Glødetapt <sup>1)</sup>	W % <sup>2)</sup>
0-0,8	Torv		50	404
0,8-1,6	"		94	1480
1,8-2,6	"		93	1491
2,6-3,4	"		95	1155
3,4-4,2	"		10	385

pø 1300 (vei 1815 B)

Dyp i m	Jordtype	von Post	Glødetapt <sup>1)</sup>	W % <sup>2)</sup>
0,0-0,5	Torv rot-og plante- rester	H 3	23	60
0,5-1,0	" planterester	H 4	53	114
1,0-1,5	"	H 4	38	204

1) Glødetap = vektprosent organisk innhold.

2) W = vanninnholdet i vektprosent.

<b>HOLMLIA v/ASPERUD</b>	Målestokk
<i>Ledningsstrøser v/Rydningen</i>	R. 1453
<i>Torv klassifisering</i>	Bilag 7
<i>Hovedlappet-vei 1815 B</i>	
<b>OSLO KOMMUNE</b> Geoteknisk kontor	Date 20-7-77

## Resultat av torvprøvene

### pel A

Dyp i m	Jordtype	von Post	Gledetap i % <sup>1)</sup>	W i % <sup>2)</sup>
0,0-0,6	Torv	H 4	79	533
0,6-1,6	..	H 4	90	791
1,6-2,4	..	H 3	65	697
2,4-3,2	..	H 5	72	684
3,4-4,2	..	H 6	72	672

### pel S (rampe D)

Dyp i m	Jordtype	von Post	Gledetap i % <sup>1)</sup>	W i % <sup>2)</sup>
0,0-0,5	Torv	H 2	75	263
0,5-1,0	..	H 2	67	276
1,0-1,5	..	H 3	83	
1,5-2,0	..	H 5	84	484
2,0-2,5	..	H 6	59	484
2,5-2,75	..	H 6	25	300

### pel R (rampe D)

Dyp i m	Jordtype	von Post	Gledetap i % <sup>1)</sup>	W i % <sup>2)</sup>
0,0-0,5	Torv	H 2	83	377
0,5-1,0	..	H 2	90	467
1,0-1,5	..	H 5	82	467
1,5-2,0	..	H 5	63	495
2,0-2,10	..	H 8	19	203

### pel C (vei 3840)

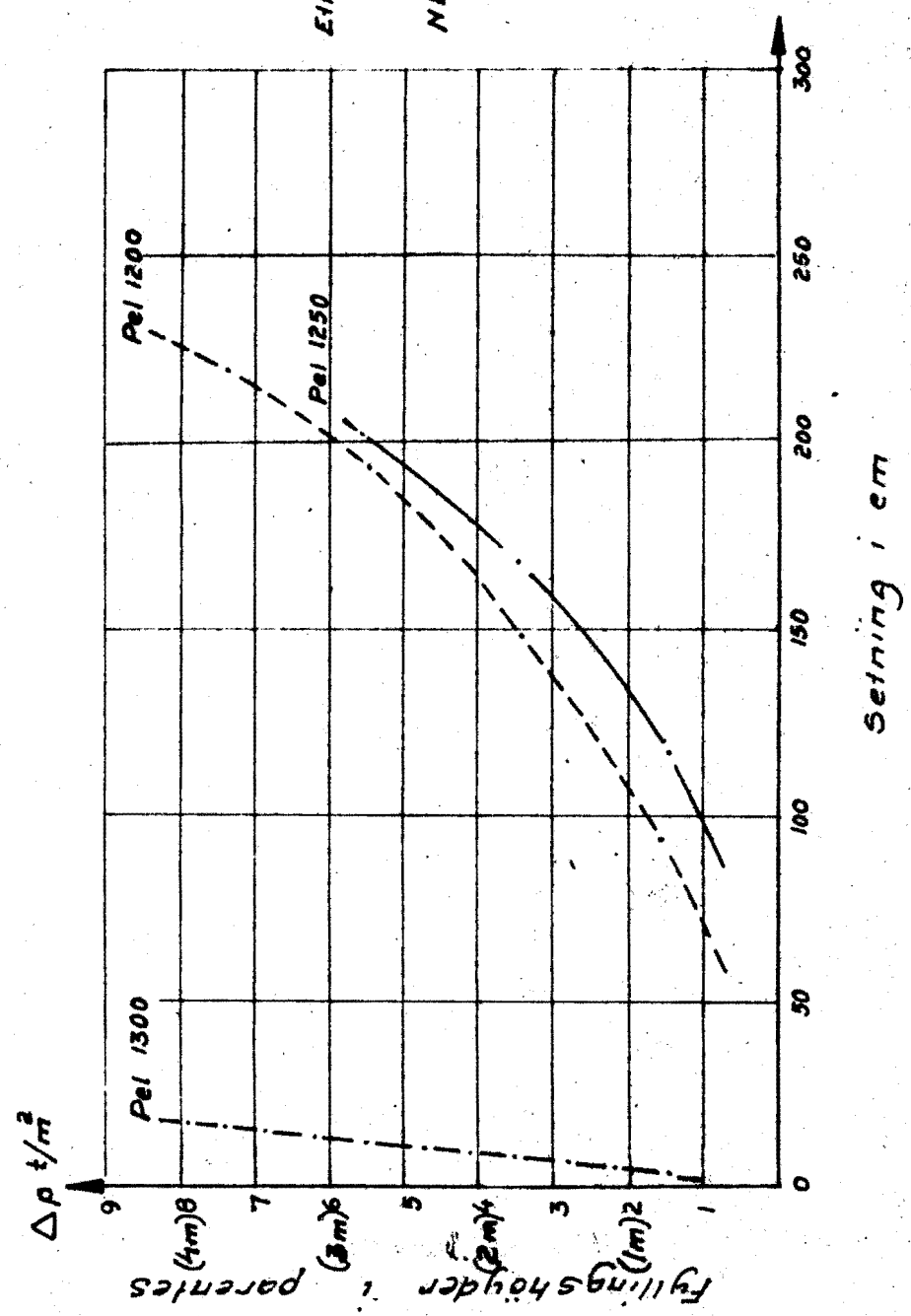
Dyp i m	Jordtype	von Post	Gledetap i % <sup>1)</sup>	W i % <sup>2)</sup>
0,1-0,6	Torv	H 3	37	147
0,6-0,75	..	H 3	36	161

1) Gledetap = vektprosent organisk innhold

2) W = vanninnholdet i vektprosent

<b>HOLMLIA v/ ASPERUD</b>	Målestokk
<i>Ledningstraseer v/ Rydningsen</i>	R 1453
<i>Torvklassifisering</i>	Bilag 8
<b>OSLO KOMMUNE</b> Geoteknisk kontor	Dato 30.7.72

——— Pel 1250 W = 1400 % GL.t = 94 % D = 3.0  $\frac{V_t}{V_i} = 22.0$   
 - - - - - Pel 1200 W = 700 % GL.t = 88 % D = 5.0  $\frac{V_t}{V_i} = 11.5$   
 - · - · - · Pel 1300 W = 126 % GL.t = 38 % D = 1.5  $\frac{V_t}{V_i} = 2.6$

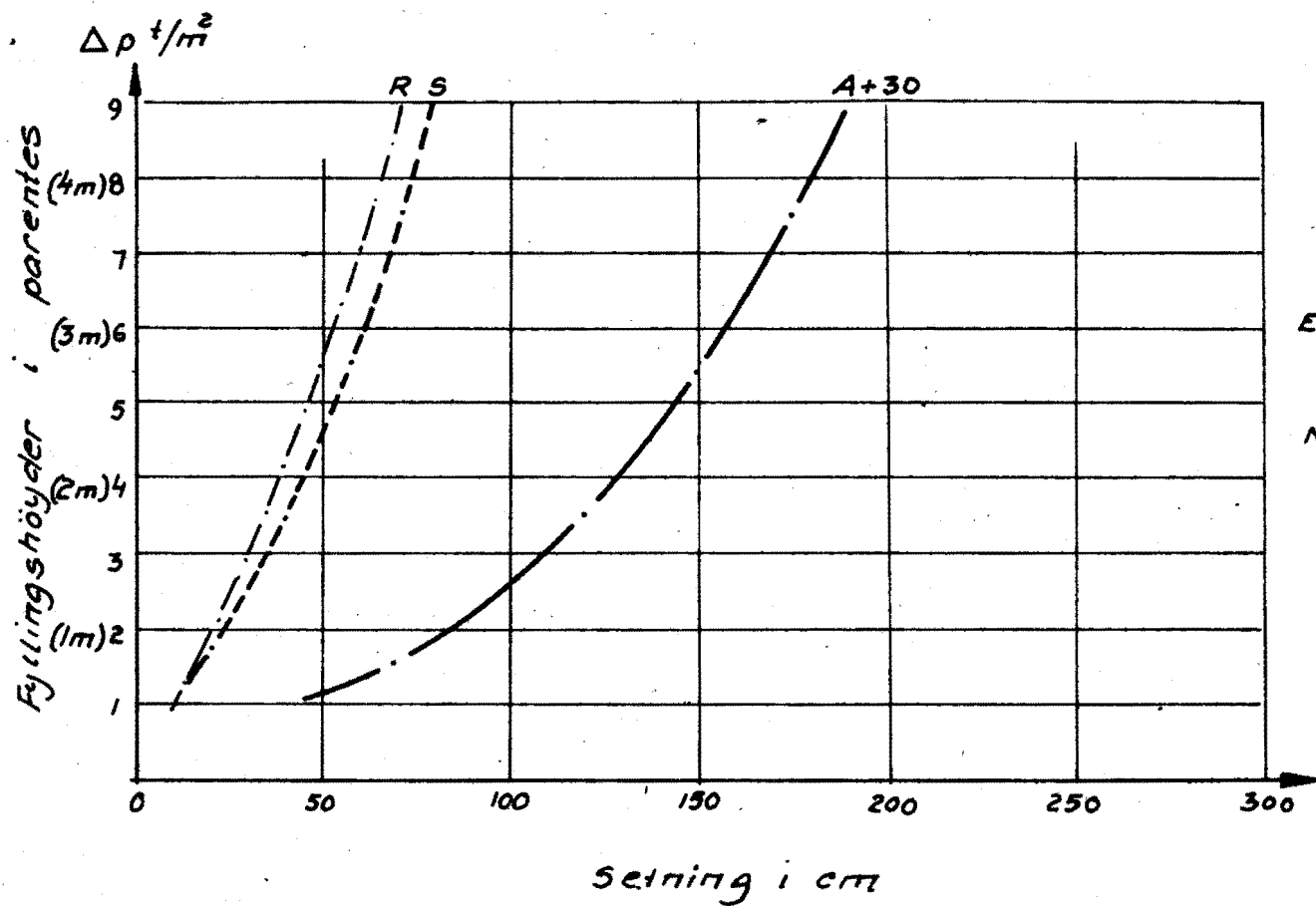


Eller: Veglaboratoriets interne rapport 651

NB! Oppdrift av fyllmassens ved setning under grunnvannetand ikke medregnet.

<b>HOLMLIA v/ ASPERUD</b>		Målestokk
<b>Ledningsstraseer v/ Rydningen</b>		R. 1453
<b>Setning i torv-vei 1015B</b>		Bilag 9
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor		Dato Sep 77
		Kart ref.

— · —	A+30 A → L	W = 675 %	Gl.t. = 80 %	H = 4 m	$\gamma = 2.0 \frac{t}{m^3} \Rightarrow \frac{V_v}{V_t} = 11.5$
- - -	S	W = 418 %	Gl.t. = 78 %	H = 2.5 m	$\gamma = 2.0 \frac{t}{m^3} \Rightarrow \frac{V_v}{V_t} = 7.0$
- · -	R	W = 450 %	Gl.t. = 80 %	H = 2.0 m	$\gamma = 2.0 \frac{t}{m^3} \Rightarrow \frac{V_v}{V_t} = 7.5$

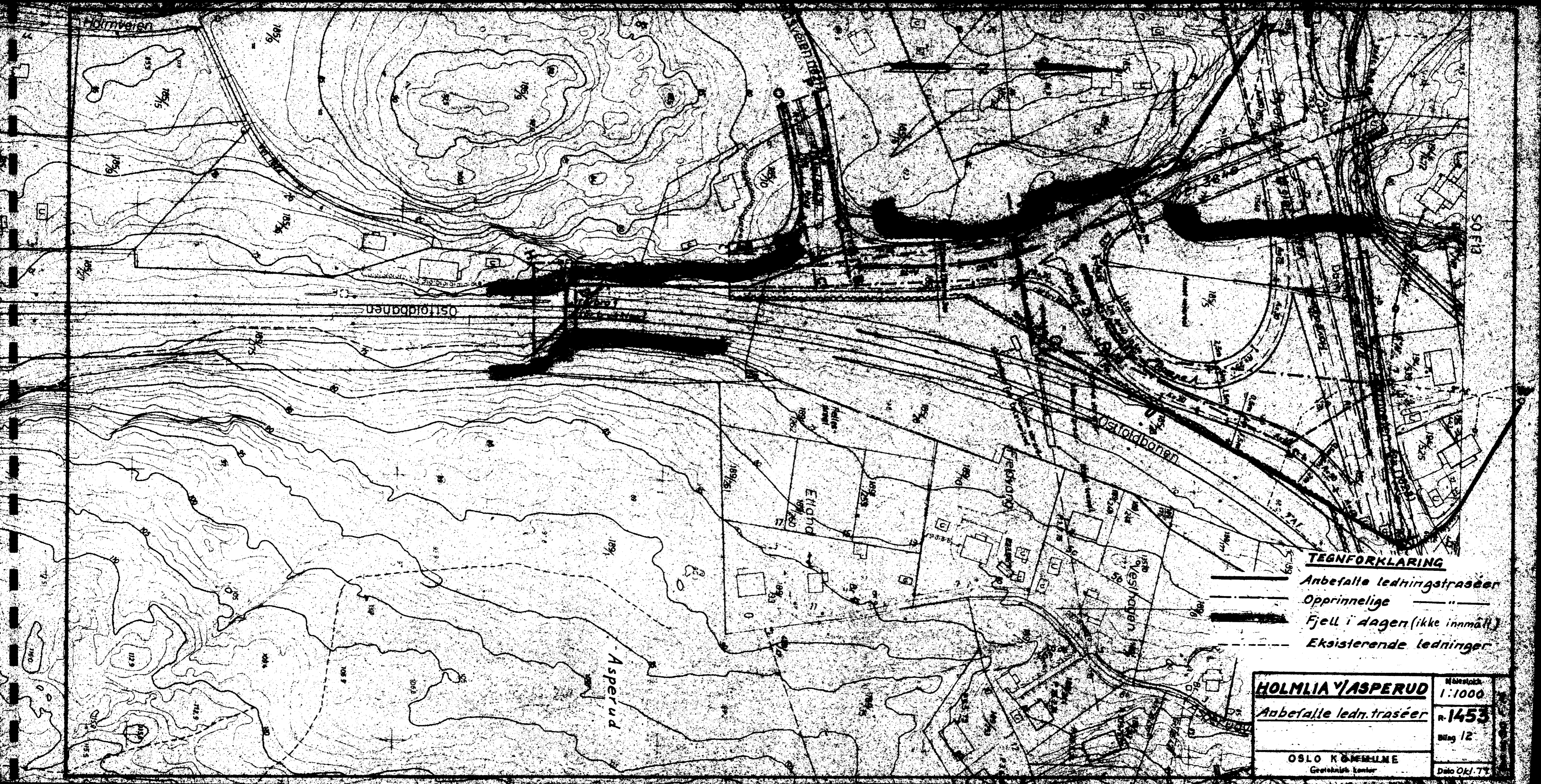


Eller: Veglaboratoriet, interne rapport 651


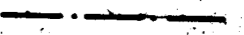


NB! Oppdrift av fyllmassene ved setning under grunnvannstand ikke medregnet.

HOLMLIA V/ASPERUD		Målestokk
Ledningsstrøøer		R. 1453
Setning i torv		Bilag 10
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor		Dato Sep. 77
Kart ref.		





**TEGNFORKLARING**

-  Anbefalte ledningstraséer
-  Opprinnelige " "
-  Fjell i dagen (ikke innmalt)
-  Eksisterende ledninger

<b>HOLMLIA/ASPERUD</b>	Målestokk 1:1000
Anbefalte ledn. traséer	R. 1453
	Bilag 12
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato 01.77

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:  $Q_0 = \frac{W \cdot H}{\Delta s}$  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° på en indre fast sylinder med langsgående spalteåpning. Prøvetakeren fylles ved at skjæret ved dreining skrapet 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 jamm 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 Ø 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 jordartens 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 trinnsvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn.

Sammentrykkingen av prøven uttrykkes ved forandringen av leirens porettallet, når trykket 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. Sylindren hvori prøven stemples, 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. Prøvesylindren står på et dreibart underlag. Fall-loddets diameter er halvt så stor som sylindrens, 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.