

SO: F 15 IV  
overført. Jan. 90  
overført 83/84

**OSLO KOMMUNE**  
GEOTEKNISK KONTOR



OSLO KOMMUNE  
Geoteknisk kontor  
KINGOS GT. 22, OSLO 4  
Telf. 36 59 60

RAPPORT OVER:

LEDNINGSANLEGG HOLMLIA, RAVNÅSEN,  
SKOVBAKKEN OG FJELLUND.

R-1552-7      2. sep. 1982.

7. del: Kalkstabilisering av ledningsgrøft, Fjellund, Holmlia.

- Bilag 0: Beskrivelse av bormetoder og laboratorieundersøkelser
- " 31: Vinge boring (hull 10)
  - " 32: " (hull 11)
  - " 33: " (hull 13)
  - " 34: Borprofil (hull 12)
  - " 35: Situasjonsplan og poretrykksutvikling
  - " 36: Borplan.

## INNLEDNING

I henhold til rekvisisjon nr. 3286 B av 10. feb. 1982 fra Oslo vann- og kloakkvesen har geoteknisk kontor utført supplerende boringer samt oppfølgingsarbeider for en kalkstabilisert ledningsgrøft ved Fjellund på Holmlia.

I denne forbindelse vises det til vår rapport R-1552-6 av 3. des. 1981 og vårt brev av 25. mai 1982. Rapporten omtaler forslag til grunnforsterkning med kalkpeler, og brevet gir en oversikt over de problemene man har hatt med denne ledningsgrøfta. Et kort resymé av oversikten følger nedenfor:

Etter et grunnbrudd i august 1980 var det vanskelig å reparere ledningsanlegget i den opprinnelige traséen. Det ble da bestemt å flytte traséen ca 7 m lenger øst og forsterke grunnen med kalkpeler. Grunnforsterkningen skulle gjøres for å unngå problemer under legging av ledningsanlegget, og for å kunne grave opp grøfta og reparere ledningene uten større problemer ved eventuelle feil på ledningsnettet i fremtiden.

Grunnforsterkningen med kalkpeler ble bestilt gjennom K. Olimb A/S og utført av BPA fra Gøteborg i uke 5 og 6 (5.-12. feb.) 1982. Det ble på grunn av produksjonsvanskeligheter ved Hole kalkverk benyttet både dolomittkalk og pulverkalk i pelene. Dolomittkalk ble stort sett benyttet i pelrekke 2, 3 og 4 av i alt 6 rekker regnet fra øst.

I mars/april 1982, ca 6 uker etter at ledningstraséen var kalkstabilisert, ble graving av ledningsgrøfta igangsatt. Det viste seg snart at arbeidene måtte avsluttes da grunnen var like ustabil og bløt som før kalkstabiliseringen ble utført.

Etter å ha diskutert dette med K. Olimb A/S, gjorde vi en henvendelse til Norges Geotekniske Institutt v/Bryhn som tidligere har utført en del forskningsprosjekter i forbindelse med kalkpeler. NGI foretok en del undersøkelser av den aktuelle leiren i forskningsøyemed, og resultatene fra undersøkelsene som omfatter kornfordeling, plastisk område, vanninnhold, saltinnhold og organisk innhold, viser at den aktuelle leiren egner seg godt for kalkstabilisering. NGI kunne imidlertid ikke gi noen forklaring på hvorfor virkningen var dårlig i traséen når testene på laboratoriet viste gode resultater.

Ca. 3 mnd. etter at kalkstabiliseringen var utført (26-4-82), ble det i forbindelse med et møte mellom konsulenter, entreprenører og oppdragsgiver utført en prøvegraving som bekreftet at virkningen fra kalkstabiliseringen var meget liten. Ingen av de tilstedeværende på dette møtet kunne gi noen forklaring på dette. Det ble derfor bestemt at geoteknisk kontor skulle utføre en del supplerende boringer.

Hensikten med undersøkelsen var å finne hvilke fasthetsverdier som er oppnådd i den kalkstabiliserte ledningsgrøfta og om mulig gi en forklaring på hvorfor kalkstabiliseringen ikke hadde hatt den tilsktede virkningen.

## MARKARBEID

Markarbeidet ble utført av mannskap fra vårt kontor i uke 19 og deler av uke 21 d.å. Undersøkelsen omfatter 4 dreie-trykksonderinger, 3 vingeboringer, 1 prøveserie, nedsetting av 2 poretrykksmålere og 3 temperaturmålere.

Borpunktene ble satt ut der det på terrenget så ut som om kalk var blitt blandet med leire. Det er uvisst om boringene er utført i sentrum eller i ytterkanten på kalkpelene. Videre var det problematisk å lokalisere senterlinjen, borpunktene plassering er derfor noe usikker. Terrenghøyden ved punktene er imidlertid nivellert med utgangspunkt i en bolt ved tunnelinngangen til idrettsanlegget syd for kum 177. Denne har høyde  $h=73.484$ .

Dreietrykksonderingene ble utført med vår borerigg AB 2 og utføres ved å trykke en standardisert borspiss ned med konstant hastighet og rotasjon. Nedpressingskraften som registreres automatisk på en skriver, indikerer hvor faste masser det bores i.

Forøvrig finnes det en beskrivelse av bormetodene på bilag 0.

## RESULTAT FRA UNDERSØKELSEN

Dreietrykksonderingsresultatene som er fremstilt på bilag 36, viser at nedpressingsmotstanden er relativt stor der kalk ifølge rapport R-1552-6 skal være blandet med leire. Det er ikke registrert noen forskjell i nedpressingskraften der det ble brukt dolomittkalk (hull 8,9) og der det ble brukt pulverkalk (hull 6,7).

Vingeboringsresultatene i hull 10, 11 og 13 (bilag 31, 32 og 33) er ikke like entydige, men skjærstyrken er høyest der kalk er blandet med leire. I hull 10 ble det ved en misforståelse brukt stor ving som ikke kan måle skjærstyrke over  $45 \text{ kN/m}^2$  ( $4,5 \text{ t/m}^2$ ), men resultatene indikerer iallefall at skjærstyrken er mer enn  $45 \text{ kN/m}^2$ . Grunnen til den høye skjærstyrken ved 2 m dybde i hull 10, hvor det ifølge rapport R-1552-6 ikke skal være kalk, skyldes trolig tregghet i lukkemekanismen på maskinen som blander kalken inn i leiren.

Resultatene fra prøveserien i hull 12 som er vist på bilag 34, viser at skjærstyrken er mangedoblet etter at kalk ble blandet inn i leiren.

Poretrykket i området er målt ca 5 m vest for traséen og er fremstilt på bilag 35. Måler nr. 2 viser at poretrykket i leiren ved 3 m dybde tilsvarer en grunnvannstand ca 1 m under terrengnivå. I måler nr. 1 som måler poretrykket i et sand- og gruslag nærmest fjell, ble det målt et artesisk overtrykk på snaue 1 m

vannsøyle. Nedsettingen av de dypeste kalkpelene medførte en punktering av overtrykket nærmest fjell og det resulterte i at vann piplet opp til overflaten flere steder langs traséen.

Temperaturen i leiren ble også målt ca 5 m vest for lednings-traséen på 3 forskjellige nivåer (3,6 og 8,1 m dybde). På 8,1 og 6,0 m dybde ble temperaturen som ventet målt til 6,0 °C, men på 3 m dybde ble det målt bare 4,7 °C. En forklaring på dette kan være at telen fra vinterhalvåret ikke helt har sluppet taket.

#### BYGGING AV LEDNINGSANLEGGET

Til tross for at kalkstabiliseringen tilsynelatende hadde hatt liten stabiliserende virkning måtte ledningsanlegget bygges. Det ble i samråd med vannverket bestemt at ledningene skulle legges i den planlagte traséen. Det ble imidlertid av stabilitets-hensyn ansett for nødvendig å avlaste terrenget på østsiden i hele traséens lengde.

Da legging av ledningsanlegget var kommet igang viste det seg at ledningsgrøfta stod med loddrette kanter og at grøftebunnen lå i ro. Ved befaring på anlegget 4. juni 1982 kunne kalkpelene tydelig sees i grøfteveggen. Kalkpelene var imidlertid ikke så faste som ventet, men vesentlig bedre enn ved prøvegravningen 26. april 1982. Hele traséen ble bygget uten nevneverdige problemer.

#### KONKLUSJON

De supplerende undersøkelsene som er utført i grøftetraséen 4 mnd. etter kalkstabiliseringen, viser at innblandingen av kalk har bedret skjærstyrken betydelig i leiren, men dog ikke i den grad det var ventet. Erfaringene fra graving i traséen første gang ca 6 uker - og 2. gang ca 4 mnd. etter at kalkpelene ble installert, tyder også på at kalken har medført økt styrke. Virkningen er imidlertid mindre og har kommet senere enn hva som er vanlig. Dette har trolig flere årsaker. Overtrykket av vann ved fjell har trolig tilført vann i kalkpelene, men det har ikke skjedd noen fullstendig utvasking av kalk for det er visuelt påvist mye kalk i pelene. Vanntilførselen kan imidlertid ha medført at varmetviklingen som skjer når kalken kjemisk "binder" vannet til seg har blitt redusert ved at nytt vann med lavere temperatur (+ 6 °C) stadig har kommet til. Dette vil kunne forsinke den kjemiske reaksjonen som forsterker leiren.

Normalt vil målt vanninnhold i kalkstabilisert leire være mindre enn i jomfruelig leire fordi vannet bindes med kalken. Borprofillet på bilag 34 viser imidlertid økt vanninnhold i deler av den kalkblandede sonen. Her er vanninnholdet 50-60 %, mens det i den jomfruelige leiren i dybden er 40-50 %. Tidligere boringer (R-1552-5) har også vist et vanninnhold på 40-50 % i uforstyrret leire på stedet. Dette kan også være en medvirkende årsak til at resultatet av den kjemiske reaksjonen forsinkes og totalt sett gir en kalkstabilisert leire med mindre skjærstyrkeøkning enn forutsatt. Det er kjent at skjærstyrkeøkningen avtar med økende vanninnhold.


Den mekaniske innblandingsmekanismen burde nok også være bedre. Manuell innblanding i laboratoriet blir mye bedre og viser derfor større og raskere skjærstyrkeøkning enn hva som oppnås i felten. I felten kunne man se at kalken var blåst inn i et "korketrektermønster". Bruken av dolomittkalk antas også å ha forsinket fasthetsøkninger der denne ble benyttet, men dette antas å ha hatt relativt liten betydning.

Temperaturmålingene viser at temperaturen er normal under 5 m dybde, men det kan være noe i teorien om at lav utgangstemperatur i leiremassene forsinker herdingsprosessen da temperaturen på 3 m dybde ble målt til bare 4,7 °C. Temperaturmålingene ble utført i mai/juni, og temperaturen øverst i leirmassene har nok vært enda lavere på ettervinteren. Det er imidlertid ikke klart hvilken betydning begynnertemperaturen i leirmassene har for herdeprosessen.

Avslutningsvis vil vi anta at styrken i den kalkblandete leiren vil øke ytterligere med tiden. Ett av siktemålene med stabiliseringen, nemlig at ledningsanlegget skal kunne blottlegges uten større problemer i fremtiden, synes dermed oppnådd.

Geoteknisk kontor

  
H. Sem  
bem.

  
/ A. Robsrud

# 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 ned 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 optegning 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 udrenerte skjærfasthet direkte i grunnen. Skjærfastheten beregnes utfra målt torsjonsmoment på et vingekors 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  $\phi$  54 mm sylindrerprøvetaker 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 skovelbor 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 slange inne i stålrøret. Stigehøyden av vannet i slangen er da porevannstrykket i filterets nivå. Ved fremstilling av resultatene angis som regel det nivå (m.o.h.) som vannet stiger til (poretrykksnivået).

## BESKRIVELSE AV LABORATORIEUNDERSØKELSER

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. Dernest blir følgende undersøkelser rutinemessig utført, (undersøkelser merket <sup>x</sup>) kan bare utføres på uforstyrrede prøver):

Romvekt <sup>x</sup><sub>v</sub> (t/m<sup>3</sup>) 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 egenskaper. 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  $s$  ( $t/m^2$ ) 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 ( $\phi$  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 <sup>2</sup>
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  $S_t = \frac{s}{s'}$ , 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**  $x)$  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 trinnvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn. Resultatene fremstilles ved å tegne opp den relative sammentrykking  $\epsilon$  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.

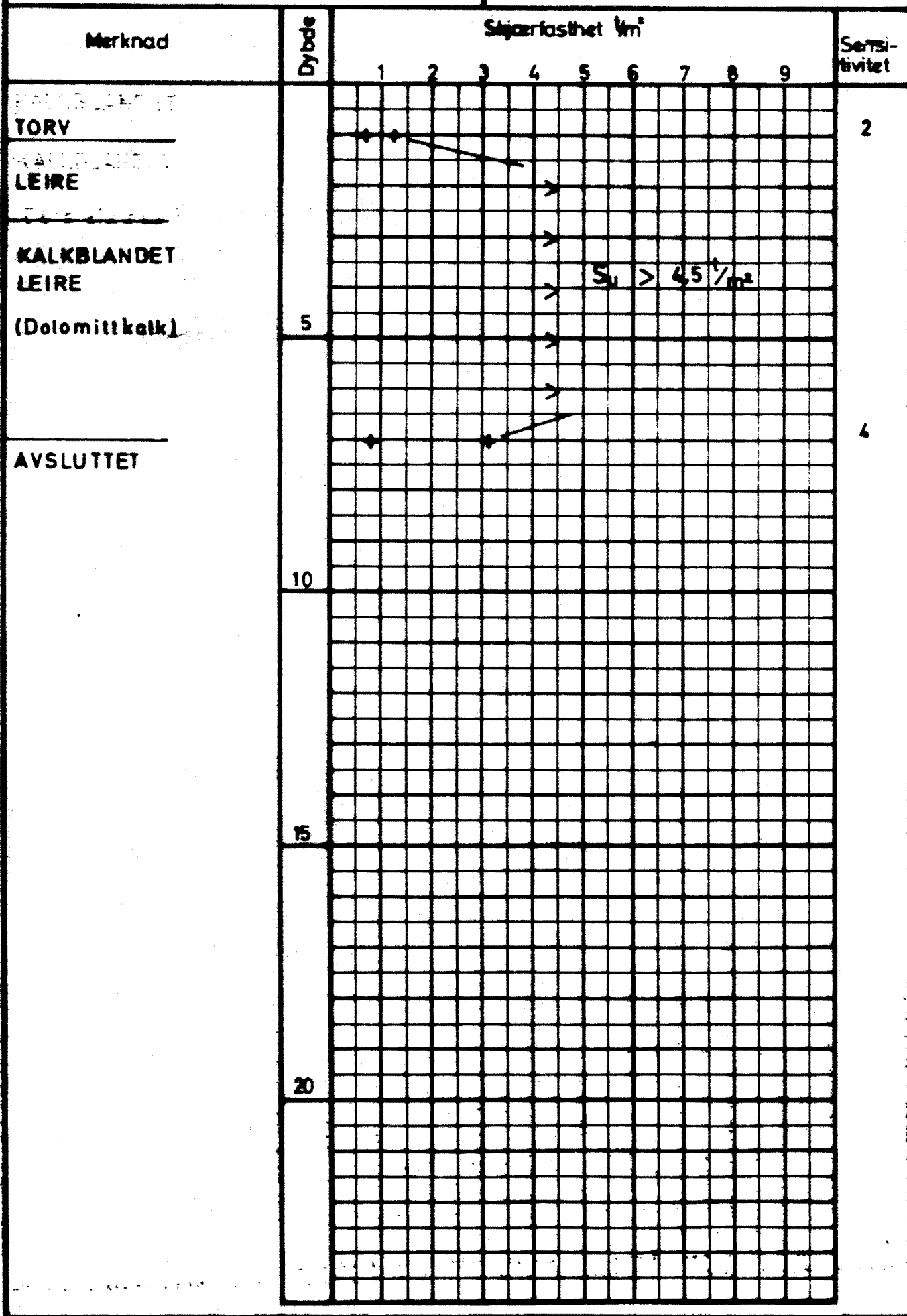
**Kornfordelingsanalyser** av friksjonsjordarter (grovere enn silt og leire) utføres ved sikting, som regel i helt tørr tilstand. Inneholder massen en del finere stoff blir den våtsiktet. For silt og leire benyttes hydrometeranalyse. En viss mengde tørt materiale oppslemmes i en bestemt mengde vann. 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 - H 10, 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 pakkingsegenskapene 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.







BORPROFIL

Sted: **FJELLUND, HOLMLIA**

Hull: 12  
 Nivå: 73,2  
 P<sub>cl</sub>: 56 mm

Aksialdeformasjon %



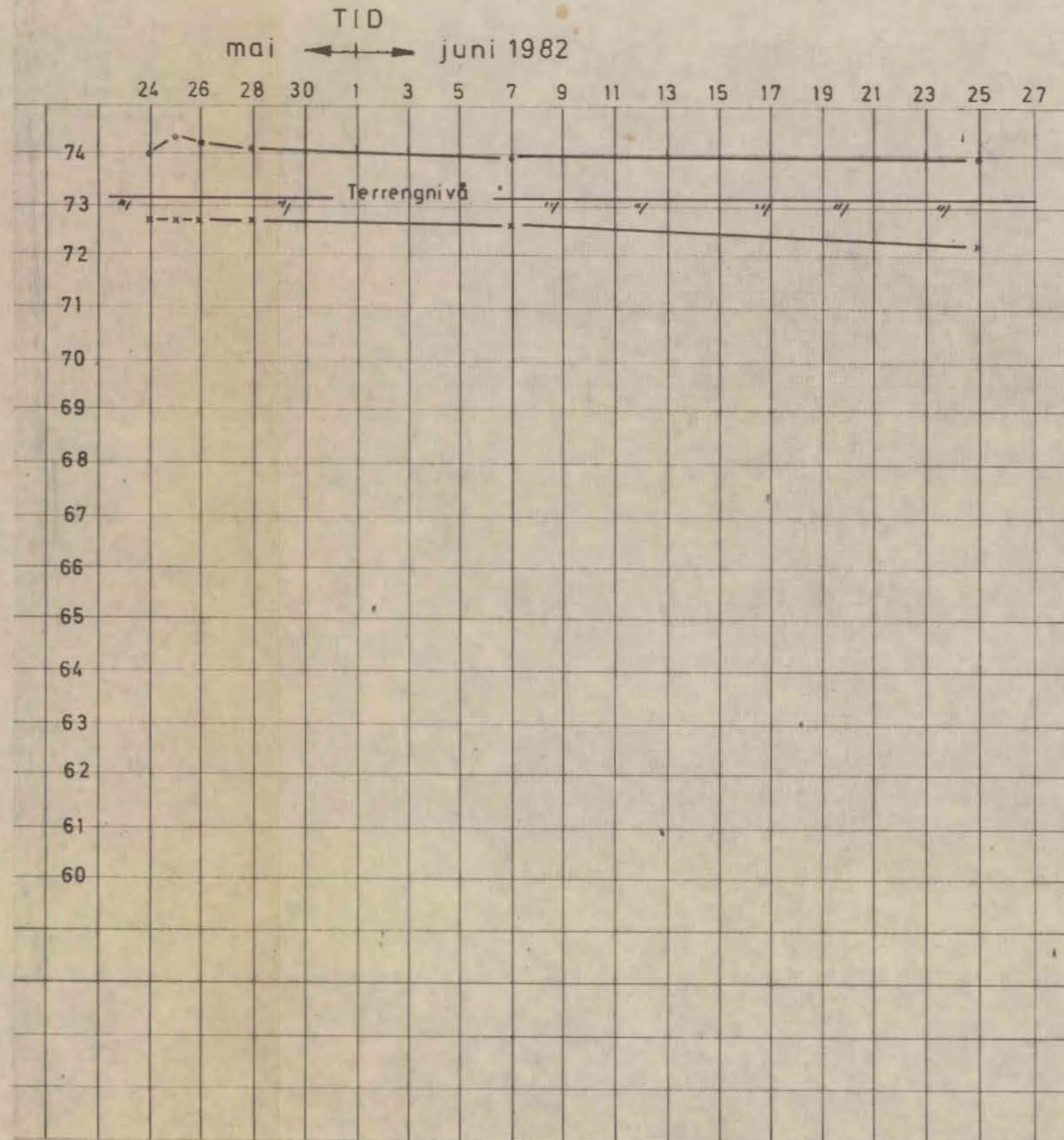
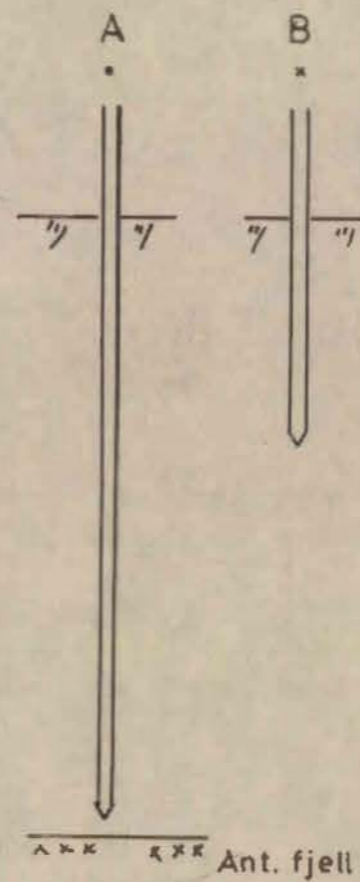
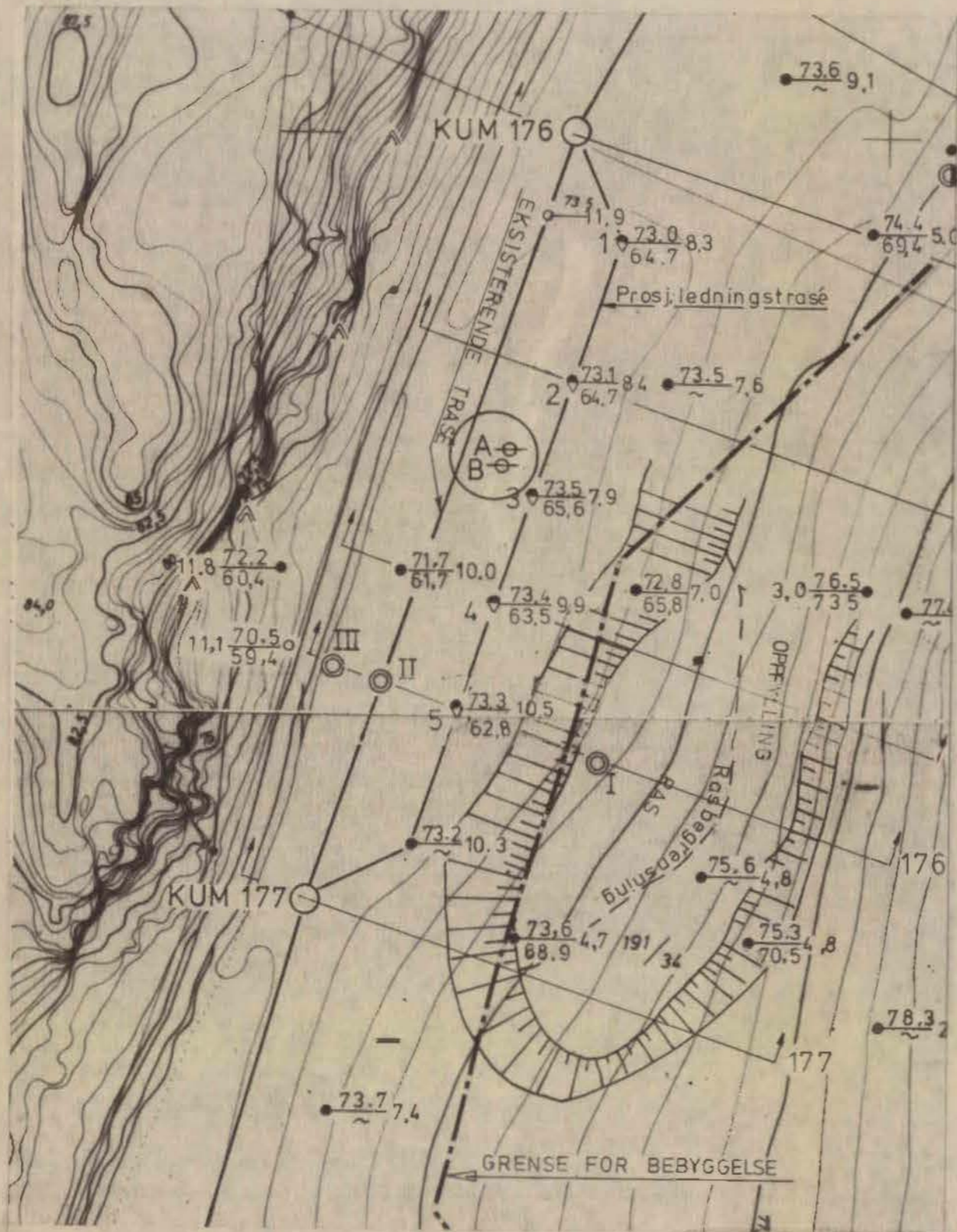
Bilag: 34  
 Oppdrag: R-1552  
 Dato: juni 82

Dybde E	Jordart	Symbol	Vanninnhold w				Plastisk område w <sub>p</sub> — w <sub>L</sub>	Romvekt γ <sub>m</sub>	Størrelstet ved trykårsak				Sensitivitet
			Plastisk område w <sub>p</sub> — w <sub>L</sub>						Konsoliderak ▽, Vingeborring +				
			20	30	40	50%		2	4	6	8	10	γ <sub>m</sub>
1	KALKBLANDET TORV												
2	KALKBLANDET LEIRE (pulverkalk)												
3													
4													
5													
6	LEIRE						1,77						
7							1,72						
8													
15													
20													
25	AVSLUTTET												

5  
6  
7  
10  
7

▽ > 2,5

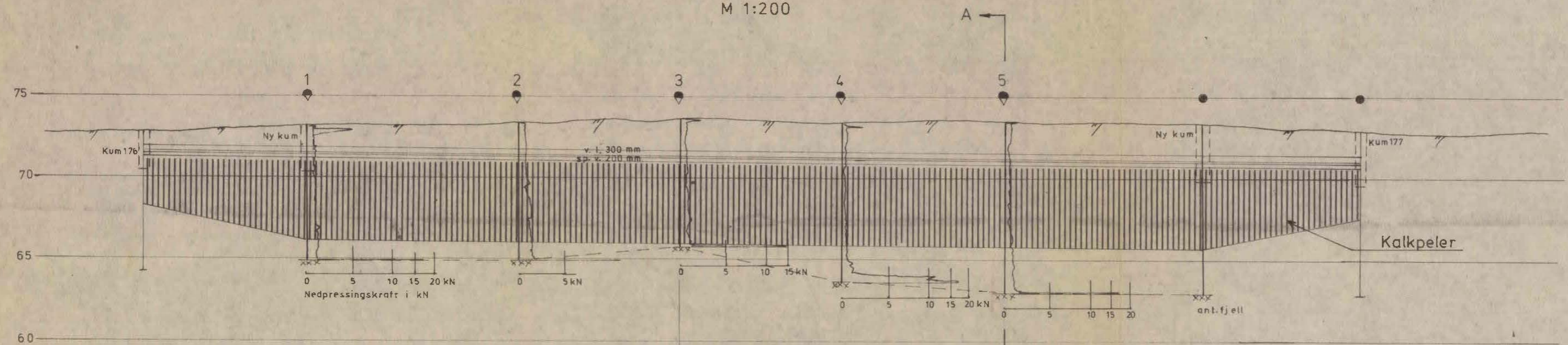
1,77  
1,72



Utsnitt av bilag 30 (M: 1:500)  
 Beliggenheten også vist på bilag 36 (M: 1:200)

FJELLUND, LEDNINGSA NL.	Målestokk	Kart ref. SO F 15 1r
Kalkpeter	R-1552	
Poretrykk	Bilag 35	
OSLO-KOMMUNE Geoteknisk kontor	Dato aug 82	

PROFIL  
M 1:200

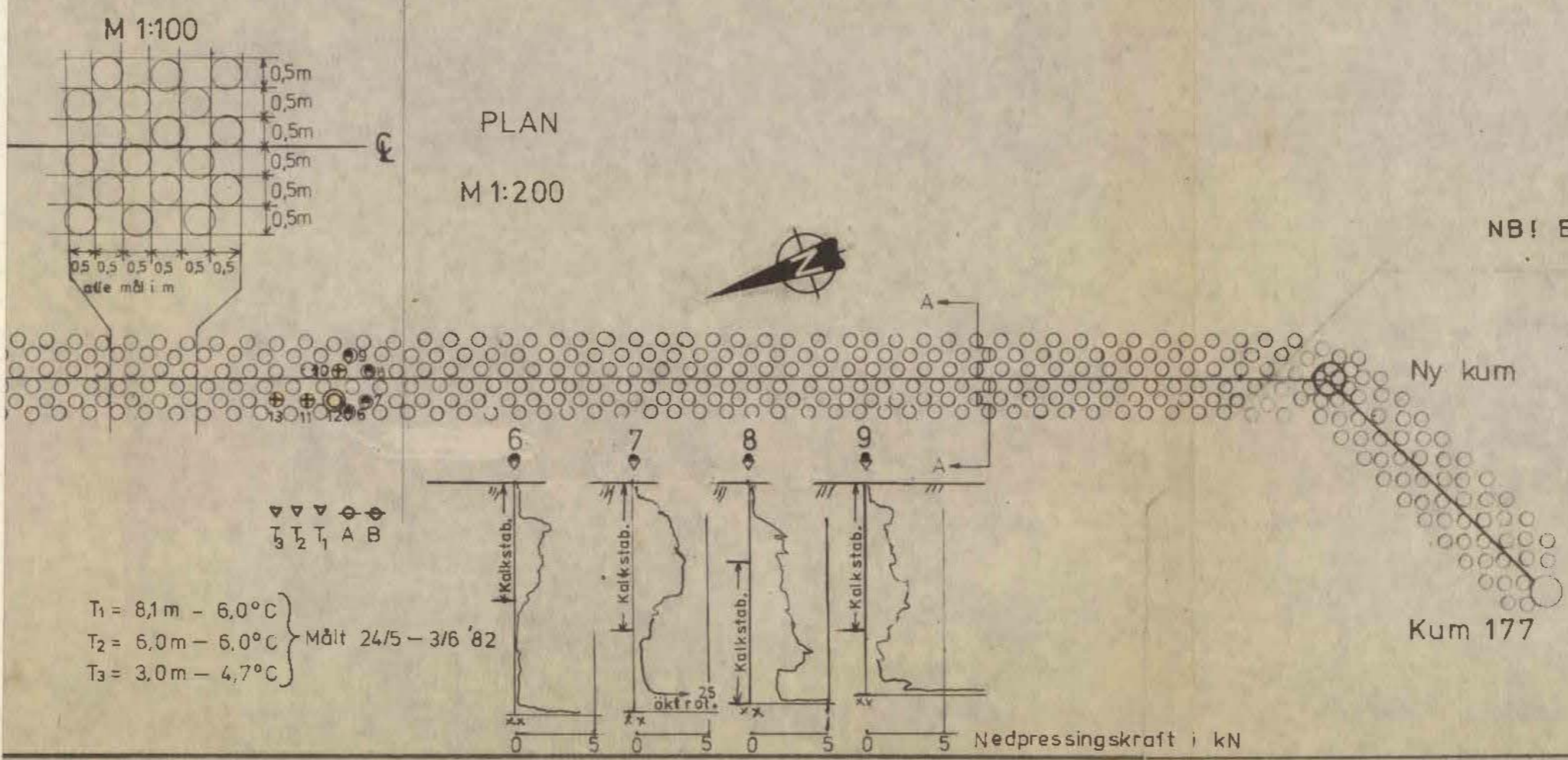


Snitt A-A se bilag 28

- TEGNFORKLARING**
- DREIE TRYKKSONDERING
  - ENKEL SONDERING
  - KALKPELER
  - ▽ TEMPERATURMÅLING (KOPPERKONSTANTAN)
  - ⊕ VINGEBORING
  - ⊙ PRÖVESERIE
  - ⊖ PIEZOMETER

NB! BORPUNKTENES PLASSERING ER NOE USIKKER!

PLAN  
M 1:200



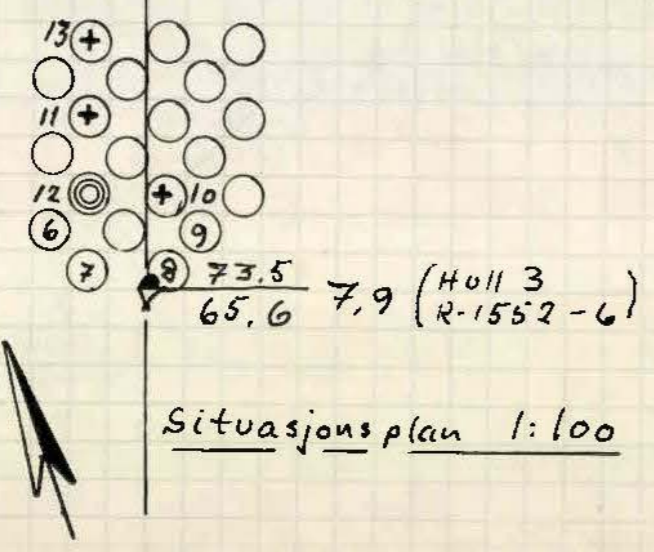
$T_1 = 8,1\text{m} - 6,0^\circ\text{C}$   
 $T_2 = 6,0\text{m} - 6,0^\circ\text{C}$   
 $T_3 = 3,0\text{m} - 4,7^\circ\text{C}$

Målt 24/5 - 3/6 '82

Kalkstabilisering av Ledningsgrøft

Hull 6, 7, 8 & 9  
se R-1552-7 (bilag 36)  
(2. sep. 1982)

Boringene utført  
3 1/2 - 4 mnd.  
etter kalkstab.



Situasjonsplan 1:100

Rettet:		Målestokk 1:200 1:100	Kart ref. SO F15 III v
FJELLUND, LEDNINGS ANL.			
Kalkpeler		R-1552	Bilag 36
Plan og profil		Dato jun.82	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			