

Rapport over:

Undersøkelse for oljeledning
i Muruvik.

O.675-1

4.november 1958.

Innholdsfortegnelse.

1. Innledning	side 3
2. Utførte boringer	" 3
3. Laboratorieundersøkelser	" 4
4. Beskrivelse av grunnforholdene	" 5
5. Stabilitet av mudringsskråning	" 6
6. Fundamentering av ledningen	" 7
7. Krysning ledning-jernbanefylling	" 8
8. Sammendrag og konklusjon	" 8

Bilagsfortegnelse.

1. Tegnforklaring.
2. Oversiktskart. M = 1 : 2 000.
- 3-8. Borprofiler hull 1, 3 og 6-12.
- 9-12. Kornfordelingskurver fra 20 prøver i hull 1 og 3.
- 13-16. Profil I-IV med vingeboringer og jordartsbeskrivelse.
17. Profil II. Stabilitetsberegning mudringsskråning.
18. Stabilitetsberegning jernbanefylling.

1. INNLEDNING.

I brev av 11. august 1958 fra AB Oljetransit ved bolagets platschef i Hømmelvik, siv.ing. E. Østlin, er Norges geotekniske institutt bedt om å utføre grunnundersøkelser for en oljeledning i Muruvik.

I forbindelse med anlegg av oljehavn i Muruvik med ny kai på vestsiden av bukten, skal det mudres ut til kote -11,7 i bukten. Oljeledningen er tenkt bygget tvers over bukten like innenfor utmudringen. Formålet med undersøkelsen er å klarlegge om ledningen kan legges trygt på dette sted uten fare for utglidninger og dernest hvorledes ledningen skal fundamenteres og anleggsarbeidet utføres.

Inne i bukten har Norges Statsbaner planer om å legge opp en ny fylling for dobbeltspor. Denne fylling vil krysse oljeledningen på vestsiden av bukten.

Tidligere har A/S Anlegg i 1956 utført grunnundersøkelser for utmudringer. Det ble da tatt opp prøver med 40 mm prøvetager i 10 hull til dybder fra 5 til 32 m under sjøbunnen. I juni 1958 tok A/S Betongbygg opp prøver til 9 m dybde i 3 hull langs oljeledningen. Laboratorieundersøkelse av prøvene er foretatt av overingeniør Sv. Skaven-Haug.

2. UTFØRTE BORINGER.

Arbeidet i marken er utført i tiden 28. juli til 6. september under ledelse av siv.ing. O. Kummeneje med boreformann fra Instituttet og hjelpe-mannskap fra A/S Anlegg, Trondheim. Fjellangers Oppmåling har vært behjelpelig med utsetting og innmåling av profiler, mens høydene er tatt ut av profilene i tegning 3796-2106. Høydene refererer seg til 0-punkt i Muruvik, som ligger 0,321 m lavere enn Trondheim havne-vesens 0-punkt.

Boringene er utført i ett profil langs oljeledningen over bukten og i 3 profiler i mudringsskråningene med beliggenhet som vist på oversikts-kartet i bilag 2. Det er utført vinge-boring og prøvetagning i 13 hull. I 2 hull er det tatt opp prøver til 17 m under sjøbunnen. Ved de andre hull ble tatt prøver gjennom de øvre sand- og siltlag til 5-6 m dybde

og derfra fortsatt med vingeboringer i leiren til 15-16 m under sjøbunnen. I hull 12 er det spyleboret til 30 m dybde uten å treffe fjell.

Vingeboring.

Med vingeboret bestemmes leirens udrenerte skjærfasthet direkte i marken. Et vingekors presses ned i grunnen og dreies rundt med bestemt jevn hastighet inntil man oppnår brudd. Maksimalt dreiemoment under vridningen gir grunnlag for å bestemme skjærfastheten. Leirens skjærfasthet bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand.

Prøvetagning.

Med Norges geotekniske institutts 54 mm prøvetager skjæres prøvene ut med tynnveggede, rustfrie stålsylindre i lengder på 80 eller 40 cm og diameter 54 mm. Prøvesylindrene forsegles med voks og gummi-hetter før de sendes til laboratoriet.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte uforstyrrede prøver er undersøkt på Instituttets laboratorium i Oslo.

Når prøvene skjæres ut av sylindrene, gis det ved besiktigelse en jordartsbeskrivelse. Videre er det utført følgende bestemmelser:

Vanninnholdet er angitt som vekt av vann i prosent av tørrvekt etter tørring ved 110°C . Det er utført 4-6 bestemmelser fordelt over prøven.

Flyte- og utrullingsgrense for de finkornede materialer angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale.

Plastisitetsindeksen er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen.

Romvekt er angitt i t/m^3 og er bestemt ved å veie og måle hele prøven

Spesifikk vekt i t/m^3 er bestemt i pyknometer for materiale fra to prøver, 01 og 03.

Porøsiteten i prosent er bestemt for hele prøven ved grovkornet materiale.

Udrenert skjærfasthet i leiren er bestemt ved enaksiale trykkforsøk på prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6$ cm og høyde 10 cm. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Den udrenerte skjærfasthet av uforstyrret og omrørt materiale er også bestemt ved konusforsøk. Dette er en indirekte metode, idet nedsynkingen av en konus med bestemt vekt og form måles, og den tilsvarende skjærfasthet tas ut av en tabell.

Sensitiviteten er forholdet mellom skjærfasthet av uforstyrret og omrørt materiale. Denne verdi er angitt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet og vingeboringer i marken.

Kornstørrelsesfordeling er bestemt ved siktning og slemmeanalyse etter hydrometermetoden.

4. BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE.

Grunnforholdene ved de enkelte prøvetagningshull fremgår av borprofilene i bilag 3-8, hvor der, foruten en jordartsbeskrivelse, i diagrammer er vist vanninnhold, porøsitet, plastisitetsgrenser, romvekt, udrenert skjærfasthet ved trykkforsøk og konus, samt sensitivitet i forskjellige dybder. I bilag 9-12 er vist kornstørrelsesfordelingen for materiale fra 20 prøver i forskjellig dybde i hull 1 og 3. Skjærfasthetsresultatene fra vingeboringene er tegnet inn i profilene I-IV i bilag 13-16, hvor det også er gitt en jordartsbeskrivelse og vist lagdeling.

Sjøbunnen ligger inne i bukten i profil I langs oljeledningen på ca. kote +0,4 Nordover ut i bukten er sjøbunnen horisontal til 50-60 m utenfor ledningen, og faller derfra med helning 1 : 20 midt utover i bukten i profil II.



Fra sjøbunnen ligger det øverst et 2-3 m tykt finsandlag. Derunder er det en gradvis overgang til mere finkornet materiale med silt til 3-4 m dybde og leire på større dybder.

Det øvre lag av fin sand og silt har vanninnhold ca. 25%, romvekt 1,85 - 2,0 t/m³ og porøsiteten er mellom 41 og 47%. Finsanden er ensgradert og tildels meget løst lagret. Det er foretatt vingeboringer i finsanden som viser liten omrørt skjærfasthet.

Leiren er siltig under sanden og leirinnholdet øker i dybden til ca. 40 vektprosent leirfraksjon. Vanninnholdet er stort sett 30-35% og ^{ligger} under flytegrensen. Flytegrensen er i den øvre siltige leiren 32% og øker i dybden til 37-38% i hull 1 og 42-43% i hull 2 lengst ute i bukten. Skjærfastheten bestemt ved vingeboringene øker svakt i dybden fra ca. 2 t/m². Vingeboringene 5 og 6 lengst vest i bukten viser noe mindre skjærfasthet i øvre lag av leiren med verdier ned til 1,5 t/m². Skjærfastheten bestemt på prøver i laboratoriet ved trykkforsøk ligger for enkelte prøver noe lavere enn vingeborresultatene.

Ved krysning med fremtidig jernbanefylling ble det spyleboret til 30 m uten å treffe på fjell.

5. STABILITET AV MUDRINGSSKRÅNING.

Utmudringen til kote -11,7 i bukten er prosjektert med skråninger 1:3. På kote -4,7 er det lagt inn et 15 m bredt platå. Oljeledningens trasé ligger parallelt og 10 m innenfor skråningskant.

Det er foretatt stabilitetsberegninger av mudringsskråningene med sirkulærsylindriske og langstrakte glideflater ved moment- eller likevektsbetraktninger. Stabiliteten beskrives ved en sikkerhetsfaktor som er det minste forhold mellom den gjennomsnittlige skjærfasthet langs en glideflate og den skjærfasthet som er nødvendig for likevekt langs samme flate. Beregningene er utført som en s_u-analyse, hvor skjærfastheten innsettes i beregningen med de verdier for udrenert skjærfasthet som er funnet ved vingeboringer og laboratorieforsøk. Denne beregningsmåte ansees å gjelde når materiale med liten permeabilitet ikke rekkes å tilpasse seg hurtige spenningsforandringer i grunnen.

Resultatene er vist i bilagene 16 og 17, hvor det er vist de ugunstigste glideflater og angitt beregnede sikkerhetsfaktorer. For mudrings-

skråningen uten platå, på vestsiden av bukten, er det i profil IV beregnet sikkerhetsfaktor 1,54. Stabiliteten av skråningen utenfor oljeledningen er beregnet i profil II og kan uttrykkes ved sikkerhetsfaktor 1,80. Skråningene kan derfor ansees som tilstrekkelig stabile mot utglidninger i leiren.

6. FUNDAMENTERING AV LEDNINGEN.

Det øvre finsandlaget er tildels meget løst lagret. Sanden har en porøsitet og korngradering som gjør at man ikke kan se helt bort fra fare for utglidninger i det øvre sandlag ved at kornstrukturen bryter sammen. Slike flyteskred har tidligere forekommet i dette området. Instituttet vil derfor foreslå at ledningen sikres ved at den fundamenteres på trepeler ned i leiren.

Pelene bør føres minst 5-6 m ned i leiren. En forutvurdering av pelenes bæreevne kan tilnærmet utføres ved å sette bruddlasten lik pelens overflate multiplisert med den gjennomsnittlige uforstyrrede skjærfasthet i leiren langs pelen. Erfaringsmessig vil en pel oppnå denne bæreevne etter 4-5 uker etter rammingen. For prosjektert last bør det benyttes sikkerhetsfaktor 2.

For å kunne utføre sveisninger av oljeledningen i tørrhet, er det på "skiss 6006", datert 11. august, vist 4 alternative utførelser. Ved alternativ 1 og 2 tørrlegges hele bukten ved en fangdam med trespunt noe utenfor ledningen. Spesielt ved alternativ 2, hvor trespunten ikke når ned til leiren, må man regne med betydelig lekkasje under dammen og fare for hydraulisk grunnbrudd når grøften skal holdes tørr ved pumping. Tørrleggingen av hele bukten vil kreve relativt stor pumpevirksomhet.

Ved alternativ 3, med ledningen lagt i en grøft mellom 2 spuntvegger ned i leiren, unngås enhver fare for hydraulisk grunnbrudd, samtidig som det tørrlagte området kan begrenses. Spuntvegg-grøften kan f. eks. utføres i to eller flere seksjoner. Dette er en utførelse som tidligere er foreslått av Instituttet i konferanse 7. juli.

Ved alternativ 4 sveises ledningen på et stillas som når opp over høyvann. Derefter senkes ledningen ned på et ferdig fundament i en grøft som er utført ved lavvann. Prøvegravning viser at en grøft til liten dybde står en tid efter utgravning.

Instituttet vil foreslå at det også overveies et alternativ hvor man bruker fundamentpelene også som stillaspeler. Pelene slås i første omgang til liten dybde og det monteres peleåk for oppbygg og sveisning av ledningen over høyvann. Etter sveisningen rammes pelene suksessivt ned langs ledningen. Det er mulig at pelene kan slås ned med spuntveggkarmer.

7. KRYSNING LEDNING - JERNBANEFYLLING.

Ifølge foreliggende planer skal jernbanen legges om med dobbeltspor på fylling ute i bukten. En oppfylling over ledningen efterat denne er utført vil kunne medføre skader på ledningen.

I bilag 18 er det foretatt stabilitetsberegning for en 6 m høy fylling, som viser at sikkerhetsfaktoren er lav. Fyllingen bør derfor helst legges ut i 2 lag. En setningsberegning med antatte konsolideringskoeffisienter fra lignende leire viser at man må vente totale setninger under midt av fyllingen av størrelse 60-70 cm. Endel av disse setninger vil være foregått under fyllingsarbeidet, men endel vil også strekke seg over lengere tid.

For å søke å unngå skader på oljeledningen vil det være gunstig om jernbanefyllingen på dette sted gjøres ferdig før eller i forbindelse med ledningen.

8. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

De utførte grunnundersøkelser viser at det fra sjøbunnen øverst er et 2-3 m tykt, tildels løst lagret finsandlag. Derunder er det stort sett gradvis overgang til mere finkornet materiale med silt til 3-4 m under sjøbunnen og leire på større dybde.

Mudringsskråningene er tilstrekkelig stabile mot skred som går ned i leiren.

For å sikre oljeledningen mot glidninger i den løst lagrede finsand foreslår Instituttet at ledningen fundamenteres på trepeler ned i leiren under sanden.

Det er angitt flere alternativer for legging av ledningen for å kunne sveise den i tørrhet. Hvis sveisningen skal utføres i tørr byggegrop, bør det etter Instituttets mening velges alternativ 3 med spuntveggsgrøft, hvor også arbeidet kan utføres i seksjoner. Instituttet foreslår at det også overveies en utførelse med sveisning over høyvann, hvor fundamentpelene også bruks som stillaspeler.

En senere utlegging av den prosjekterte jernbanefylling over oljeledningen vil kunne medføre skader på ledningen. Det foreslås derfor at fyllingen ved krysningen med ledningen legges ut før eller i forbindelse med ledningen.

Instituttet står gjerne til tjeneste ved spørsmål i forbindelse med den videre prosjektering og utførelse av oljeledningen.

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT


Laurits Bjerrum








Ottar Kummeneje



Ove Eide

TEGNFORKLARING OG NORMER FOR BETEGNELSE AV JORDARTERSIGNATUR

	Fyllmasse
	Grus
	Sand
	Silt
	Leire

KORNFRAKSJONER

Kornstørrelse	Betegnelse
> 20 mm	Stein
20 - 6 mm	Grov-
6 - 2 mm	Fin- grus
2 - 0.6 mm	Grov-
0.6 - 0.2 mm	Mellom- sand
0.2 - 0.06 mm	Fin-
0.06 - 0.002 mm	Silt
< 0.002 mm	Leire

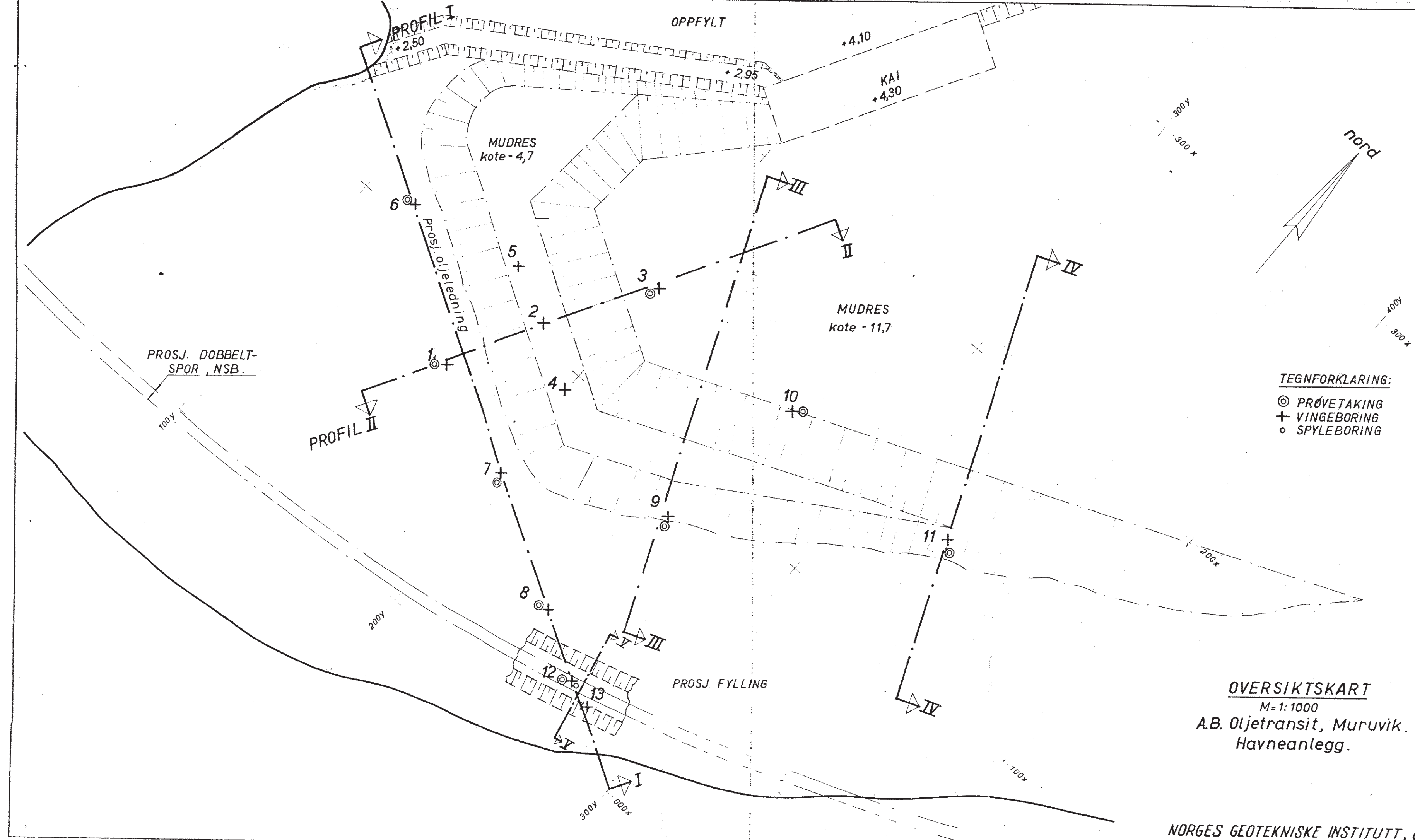
SKJÆRFASSTHET

Skjærfasthet	Betegnelse
< 1.25 t/m ²	Meget bløt
1.25 - 2.5 t/m ²	Bløt
2.5 - 5 t/m ²	Middels fast
5 - 10 t/m ²	Fast
> 10 t/m ²	Meget fast

SENSITIVITET

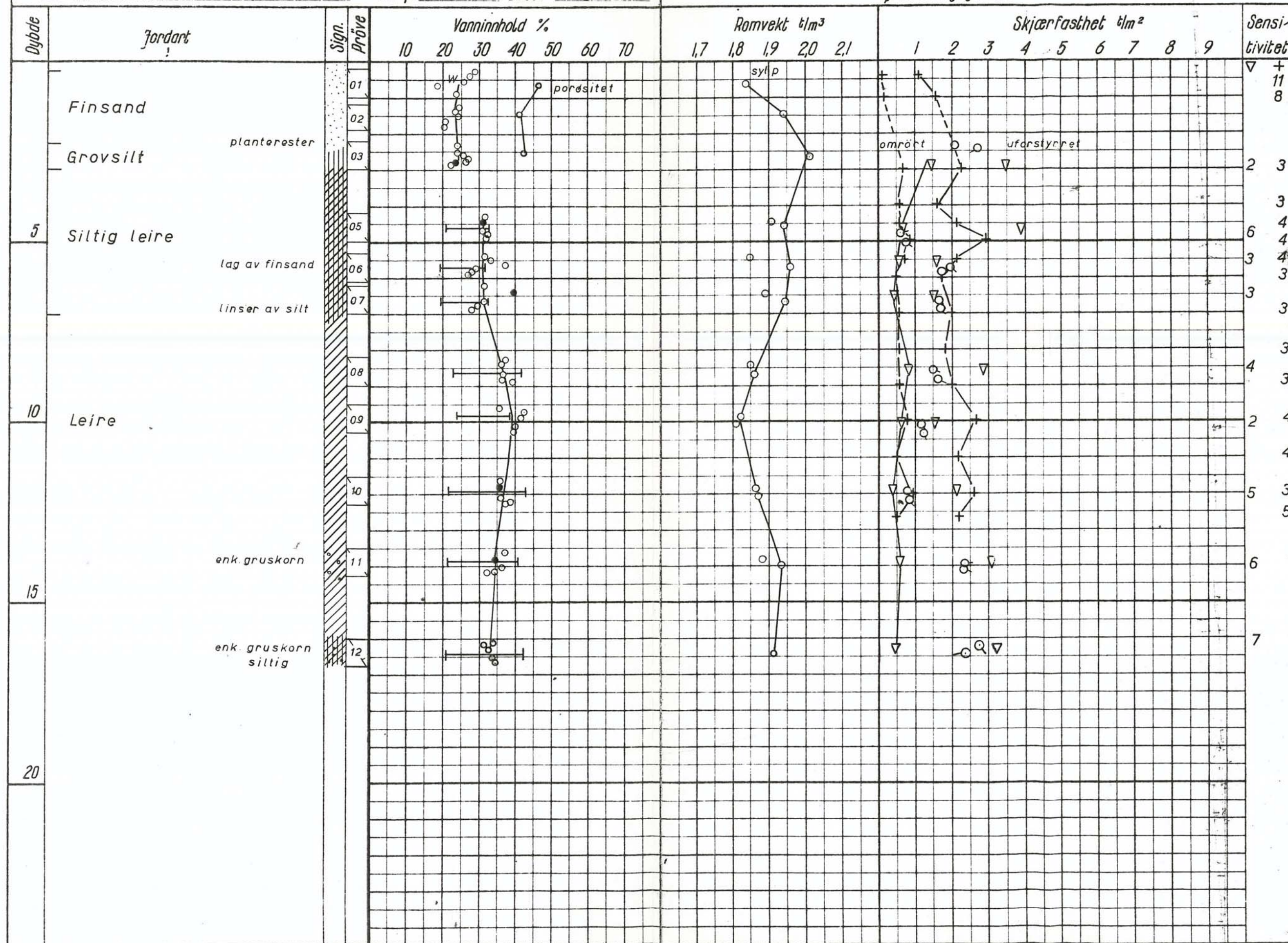
Sensitivitet er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og fullstendig omrørt tilstand

Sensitivitet	Betegnelse
1 - 4	Lite sensitiv
4 - 8	Sensitiv
8 - 32	Kvikk
> 32	Meget kvikk
Leire med stor sensitivitet og som i omrørt tilstand har en flytende konsistens, kalles "kvikkleire".	



TEGNFORKLARING:
⊙ PRØVETAKING
+ VINGEBORING
○ SPYLEBORING

OVERSIKTSKART
M=1:1000
A.B. Oljetransit, Muruvik.
Havneanlegg.



BORPROFIL

Sted: Muruvik

Hull: 6 Bilag: 5
Nivå: + 0,2 Oppdr.: O. 675.1
Pr. ϕ : 54 mm Dato: aug.-58

TEGNFORKLARING:

w = vanninnhold

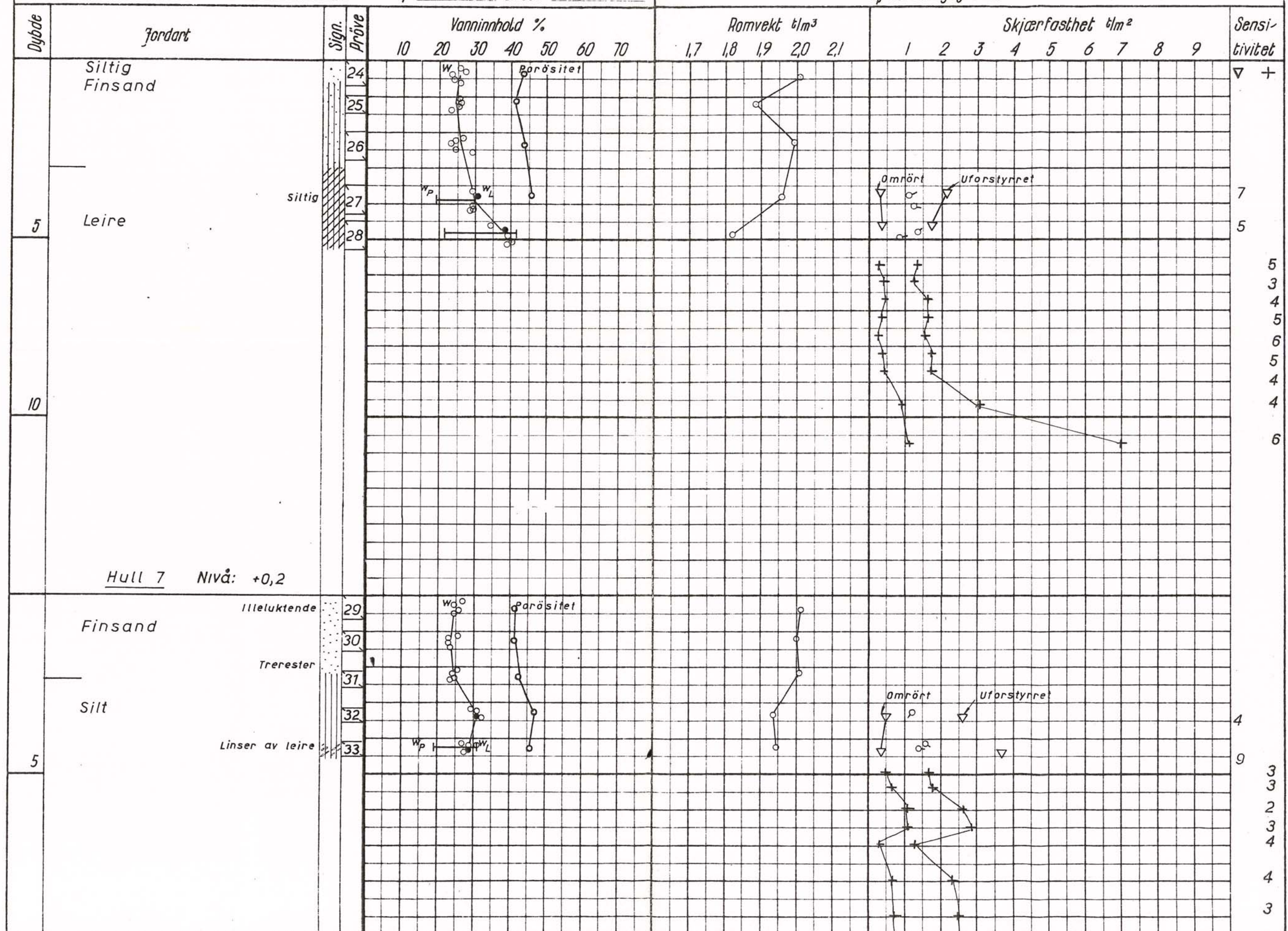
+ vingebor

w_L = flytegrense

○ enkelt trykkforsøk

w_p = utrullingsgrense

▽ konusforsøk



BORPROFIL

Sted: Muruvik

Hull: 8 Bilag: 6

Nivå: +0,2 Oppdr.: 0.675 1

Pr. ϕ : 54 mm Dato: aug.-58

TEGNFORKLARING:

w = vanninnhold

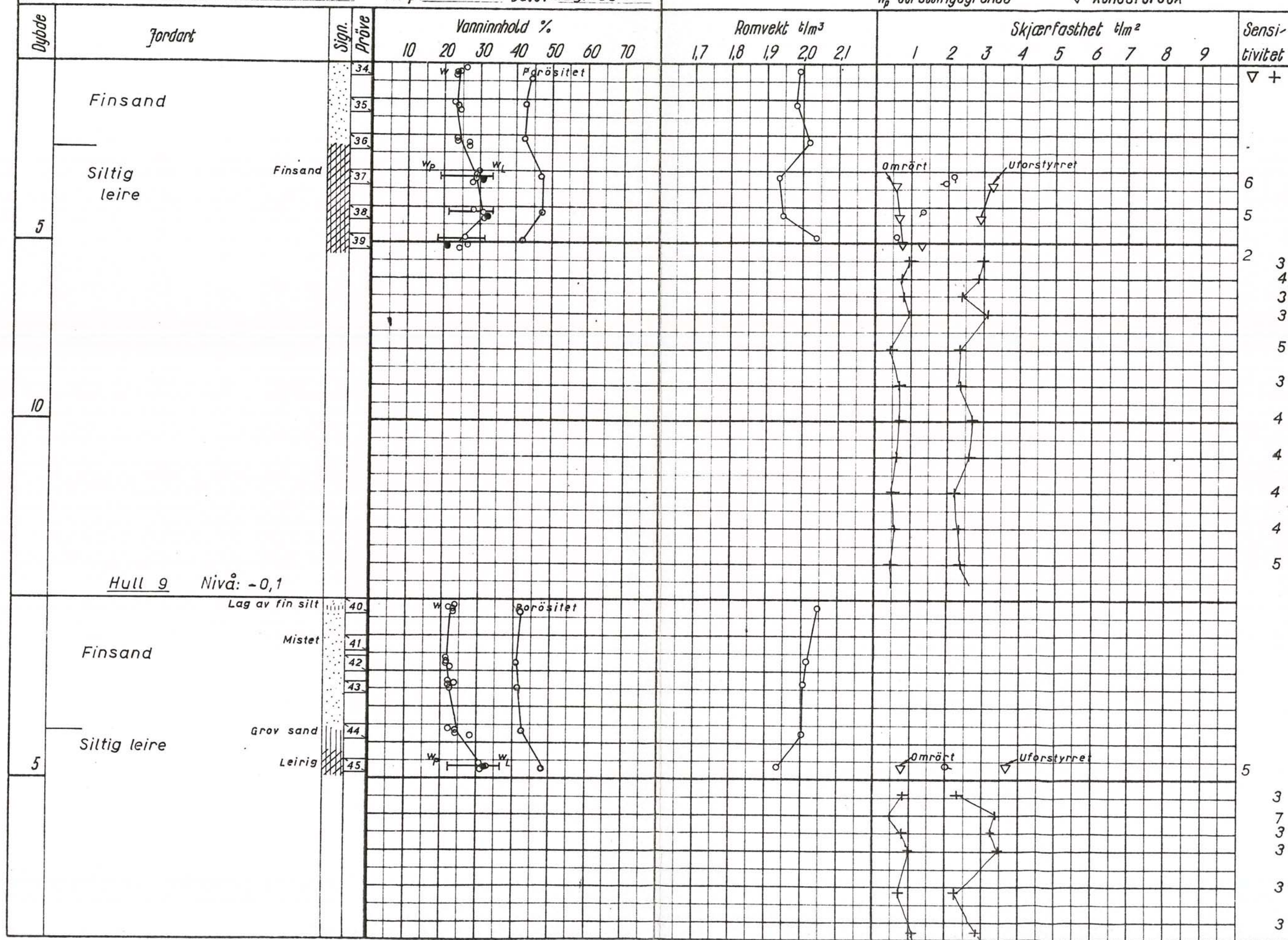
+ vingebor

w_L = flytegrense

○ enkelt trykkforsøk

w_p = utrullingsgrense

▽ konusforsøk



BORPROFIL

Sted: Muruvik

Hull: 10

Bilag: 7

Nivå: -1,9

Oppdr: 0.675.1

Pr. ϕ : 54 mm

Dato: aug - 58

TEGNFORKLARING:

w = vanninnhold

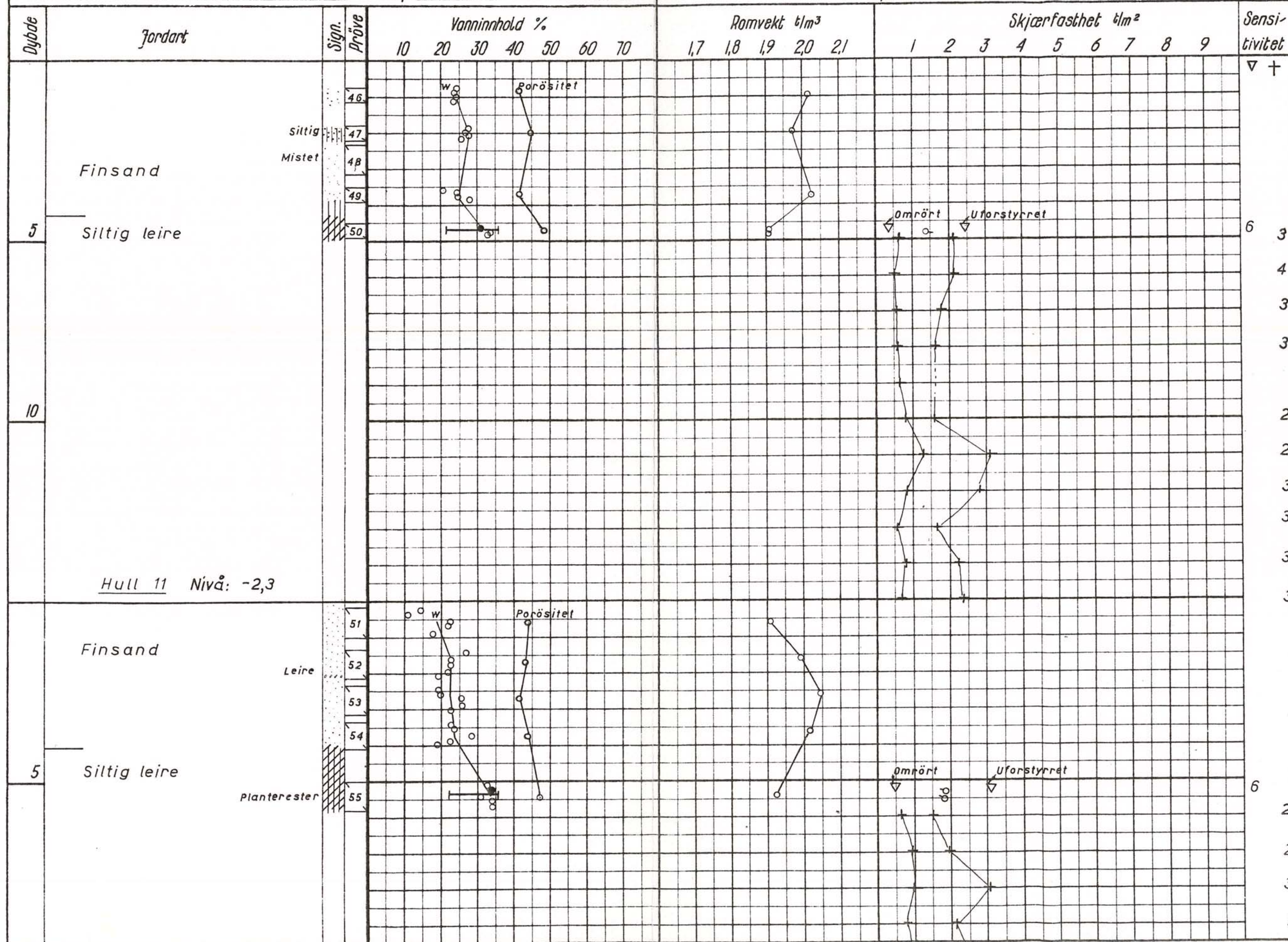
+ vingebor

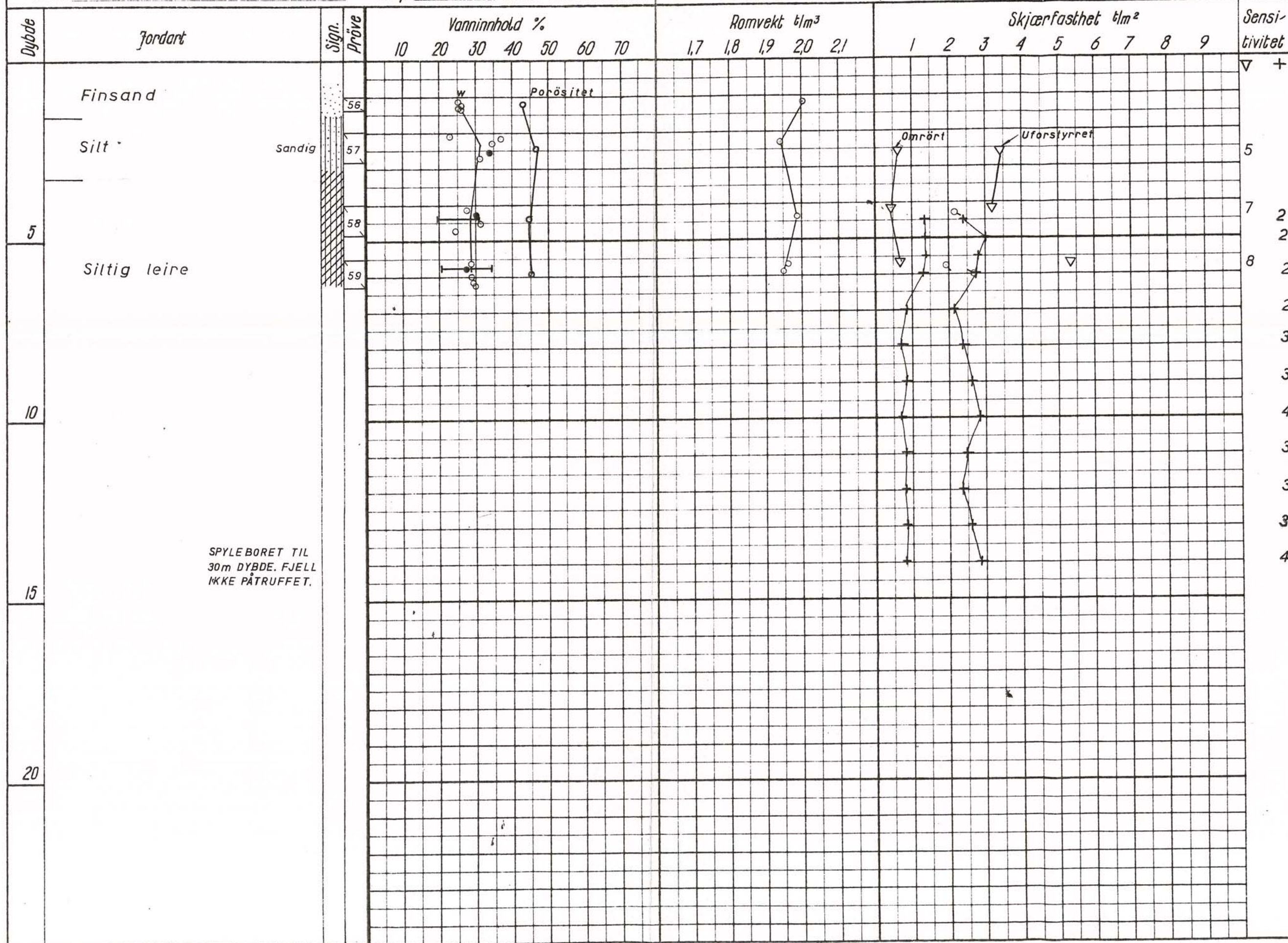
w_L = flytegrense

○ enkelt trykkforsøk

w_p = utrullingsgrense

▽ konusforsøk





Norges geotekniske institutt

KORNSTØRRELSE- FORDELING

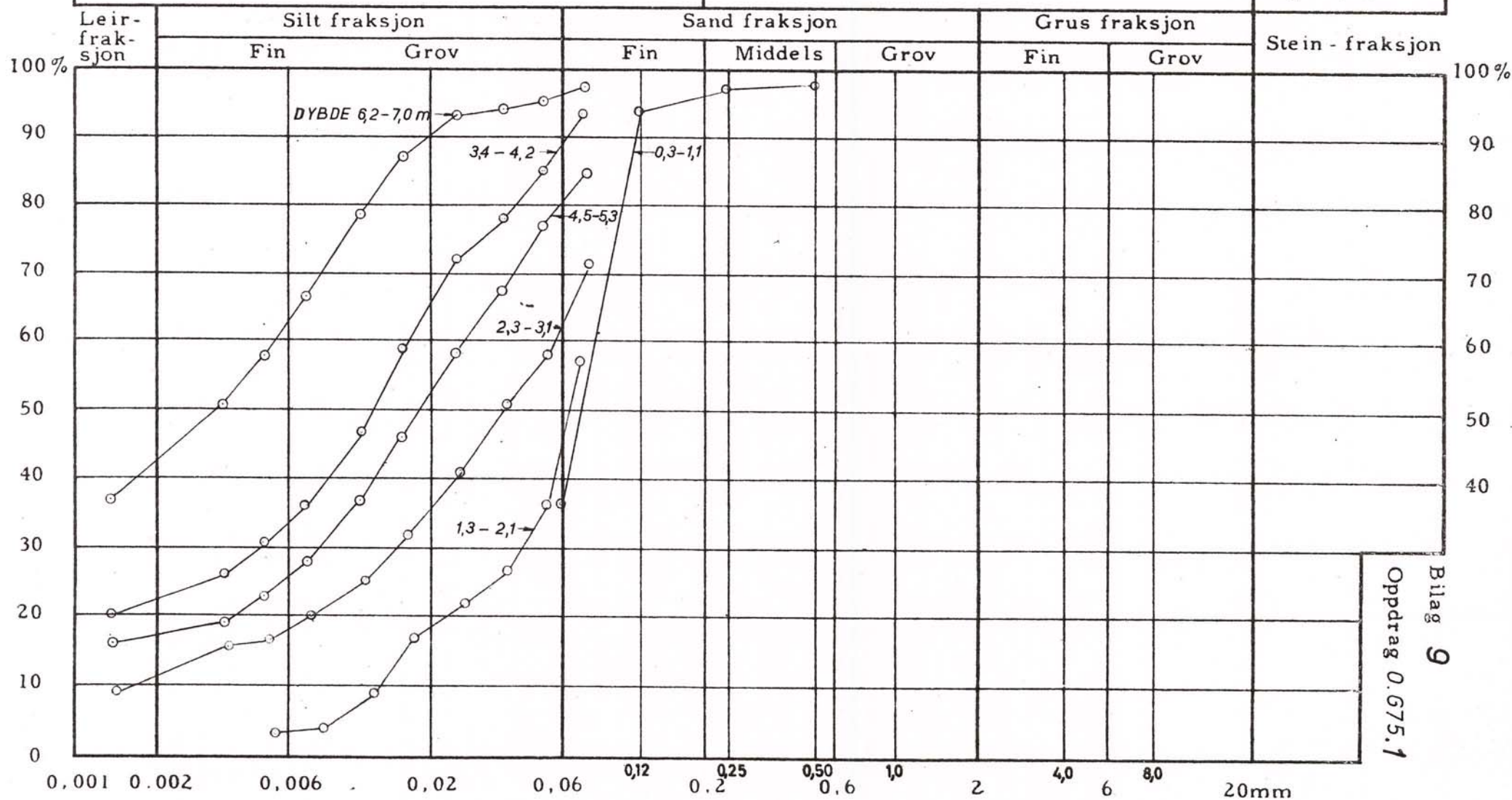
Sted *Muruvik*

Hull 1

Dato *13/9-1958*

Sign *T. I.*

REL VEKTMENGDE N AV KORN < d



Bilag 9
Oppdrag 0.675.1

Norges geotekniske institutt

KORNSTØRRELSE - FORDELING

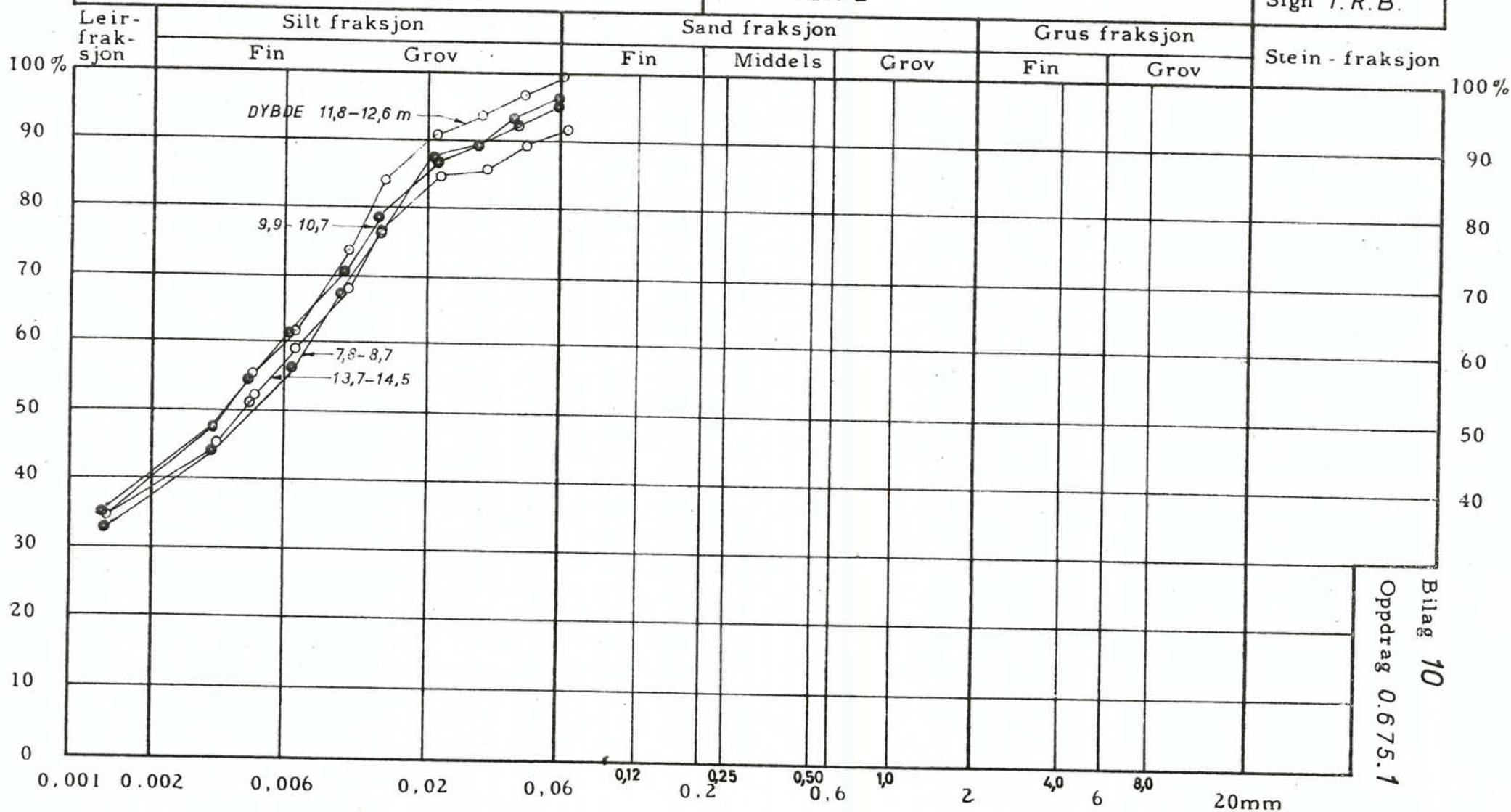
Sted *Muruvik*

Hull 1

Dato 9-9-58

Sign T.R.B.

REL VEKTMENGDE N AV KORN < d



Bilag 10
Oppdrag 0.675.1

Norges geotekniske institutt

KORNSTØRRELSE - FORDELING

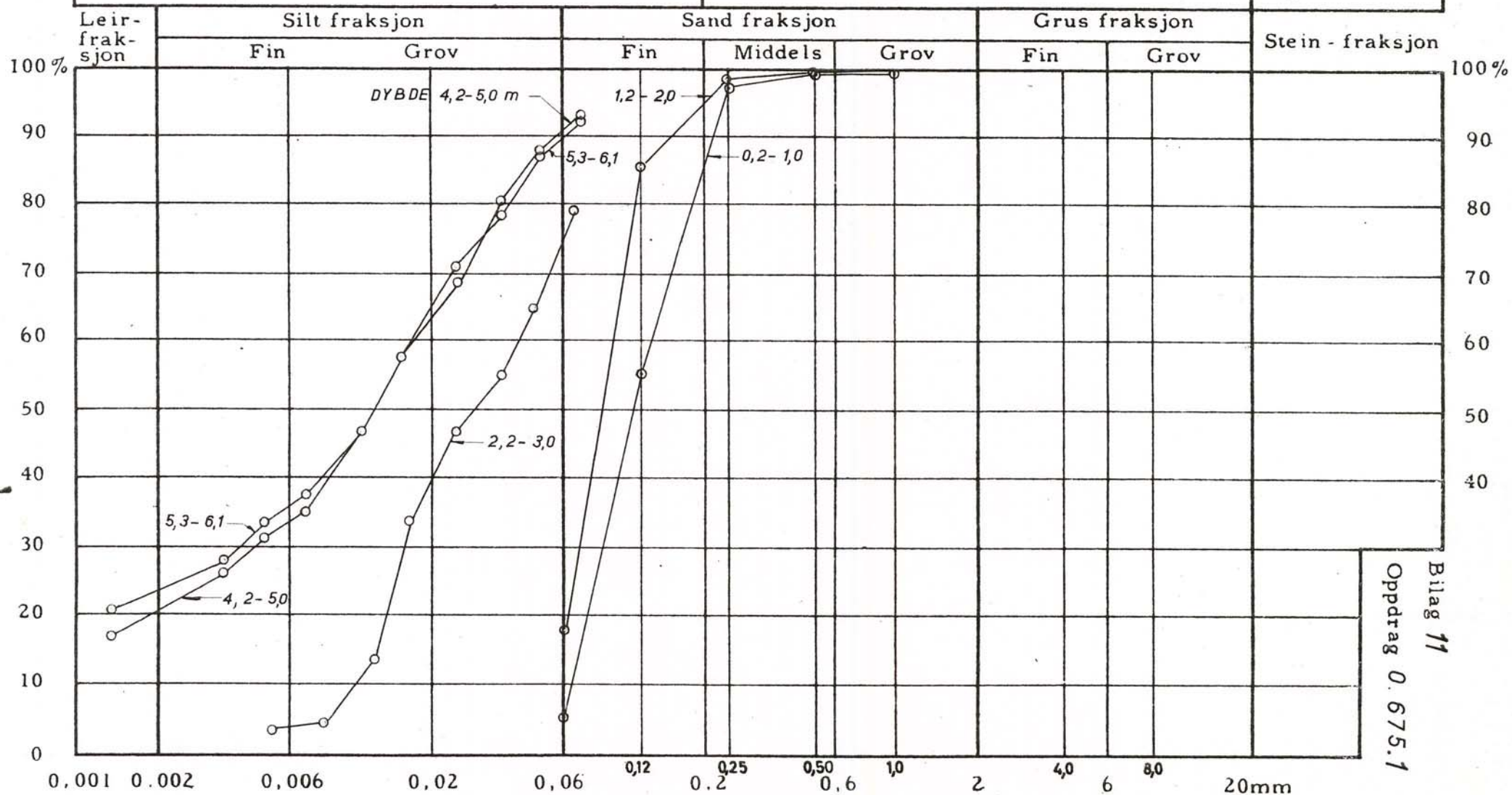
Sted *Muruvik*

Hull 3

Dato *8-9-58*

Sign *T.I.*

REL VEKTMENGDE N AV KORN < d



Bilag 11
Oppdrag 0.675.1

Norges geotekniske institutt

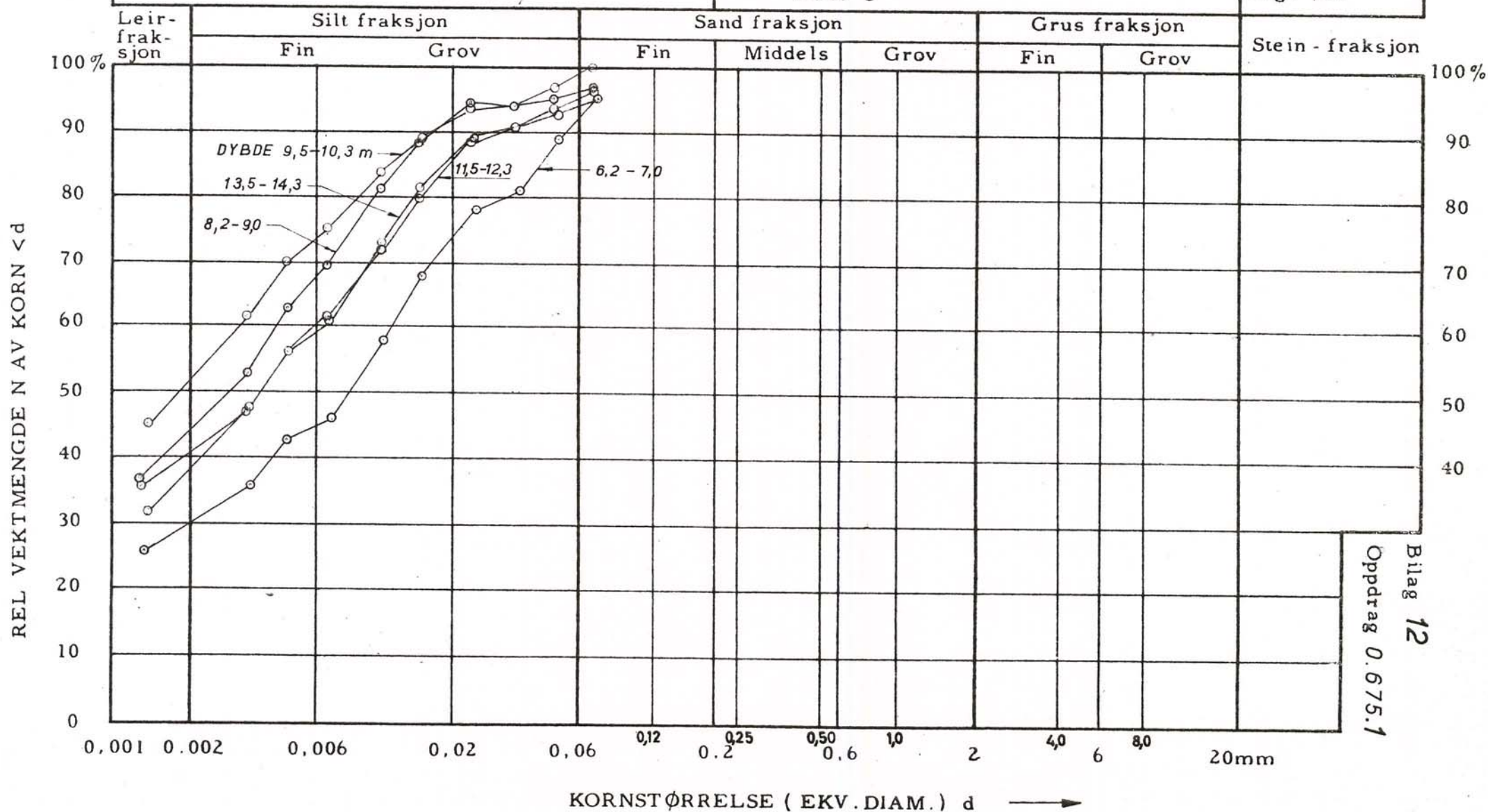
KORNSTØRRELSE - FORDELING

Sted *Muruvik*

Hull 3

Dato *2-9-58*

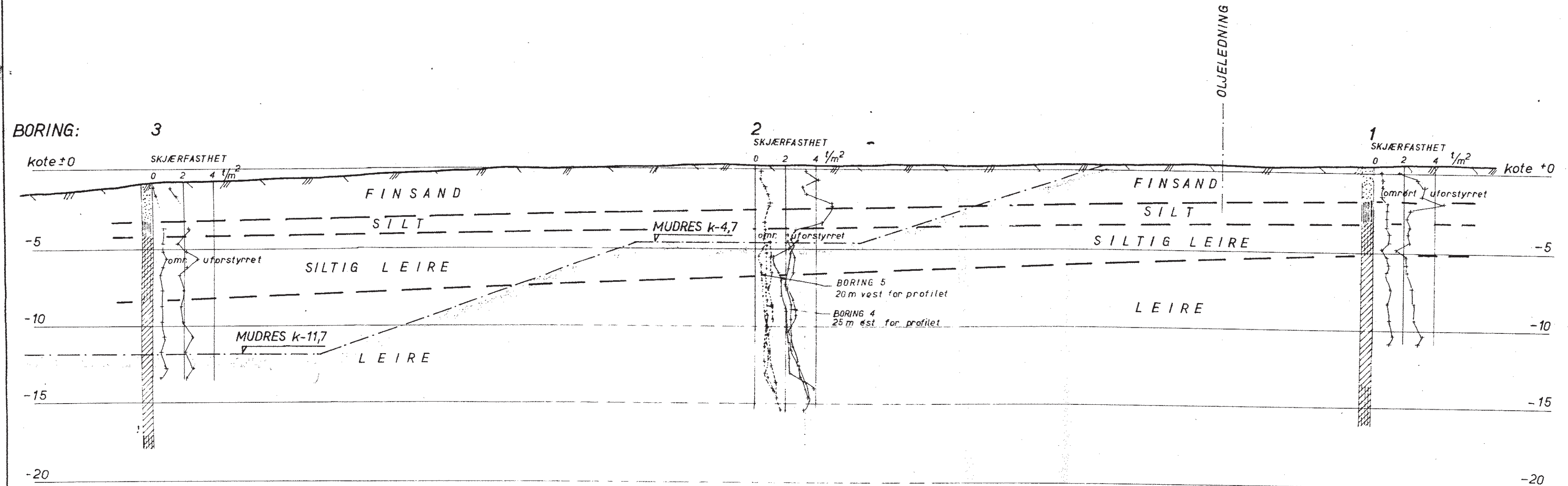
Sign *T.I.*





LM = 1: 500
HM = 1: 200

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT sept. 58



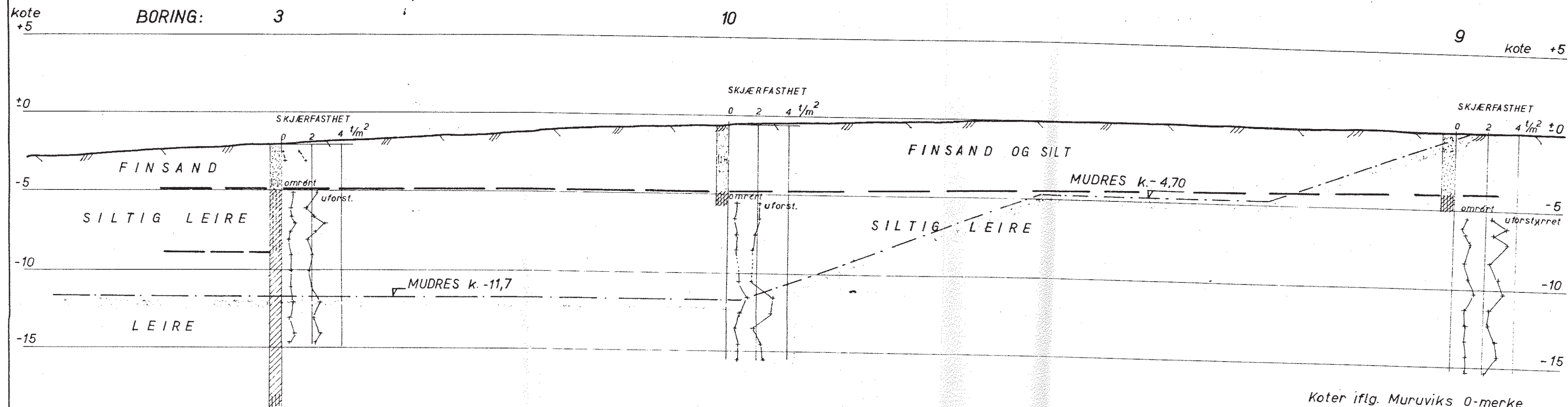
Koter ifg. Muruviks 0-merke.

PROFIL II

M = 1: 200

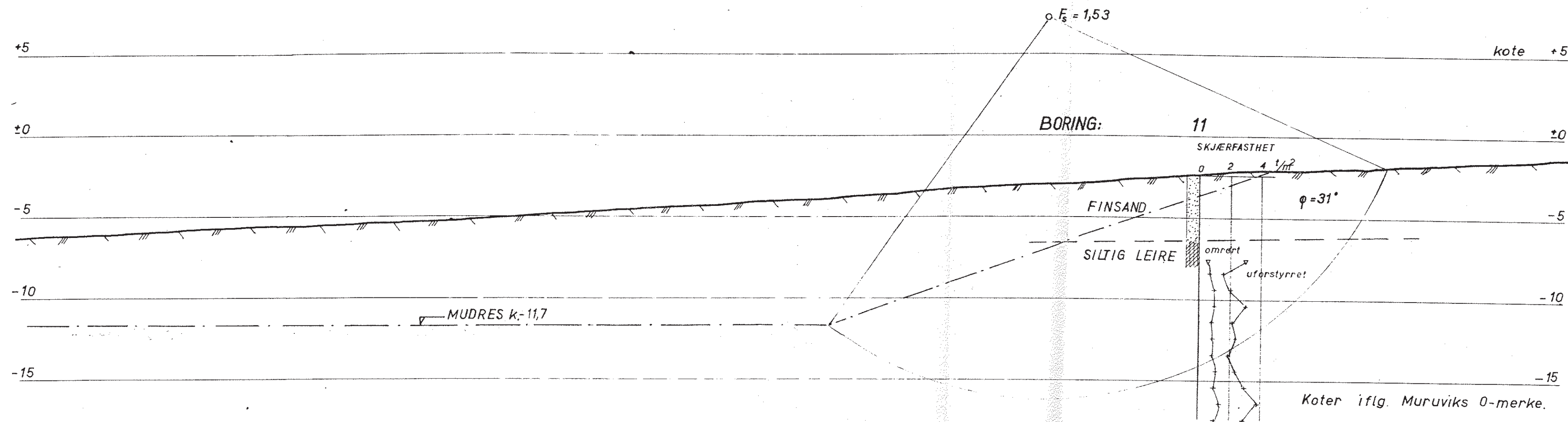
VINGEBORINGER

JORDARTSBESKRIVELSE



PROFIL III
M=1: 200

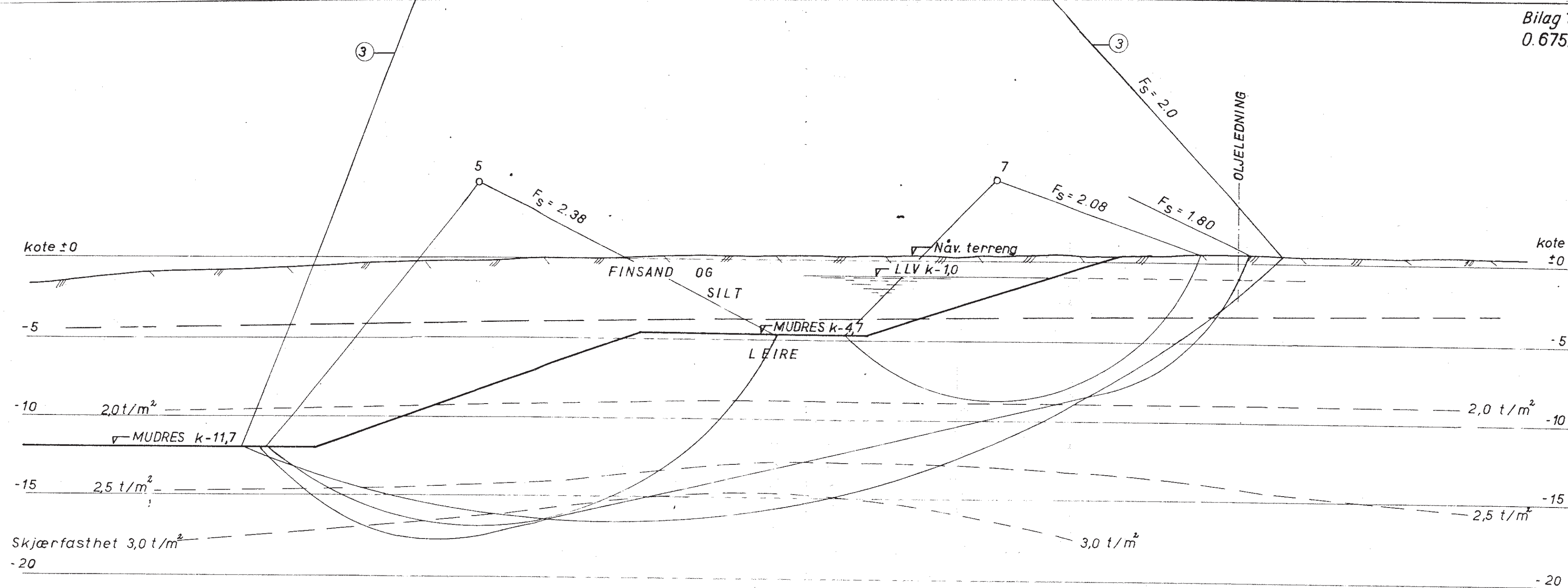
VINGEBORINGER
JORDARTSBESKRIVELSE



PROFIL IV

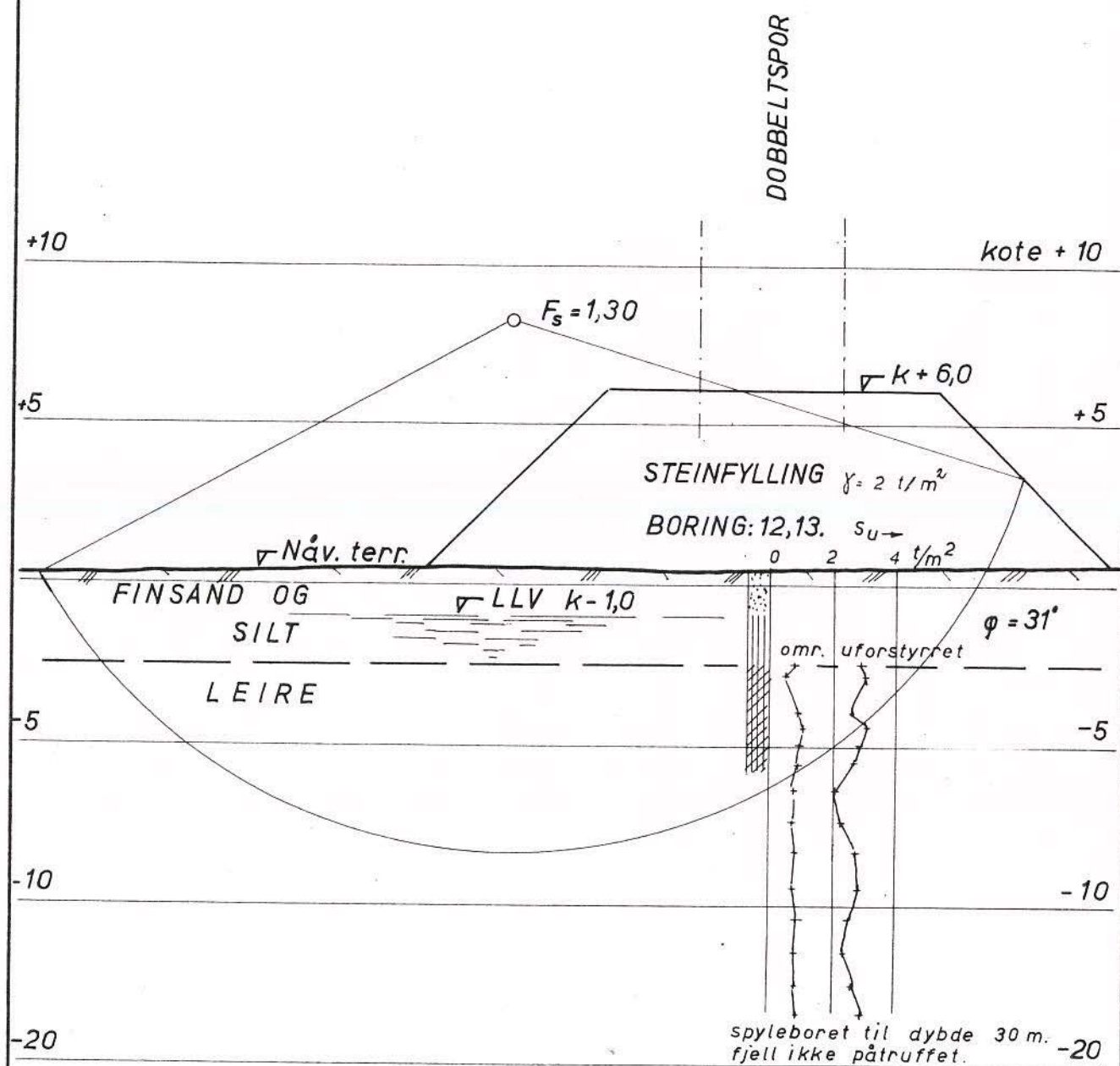
M=1: 200

VINGEBORING
JORDARTSBESKRIVELSE
STABILITETSBEREGNING



PROFIL II
M = 1:200

STABILITETSBEREGNING



PROFIL V
Ved prosjektert jernbanefylling.
M=1:200

STABILITETSBEREGNING