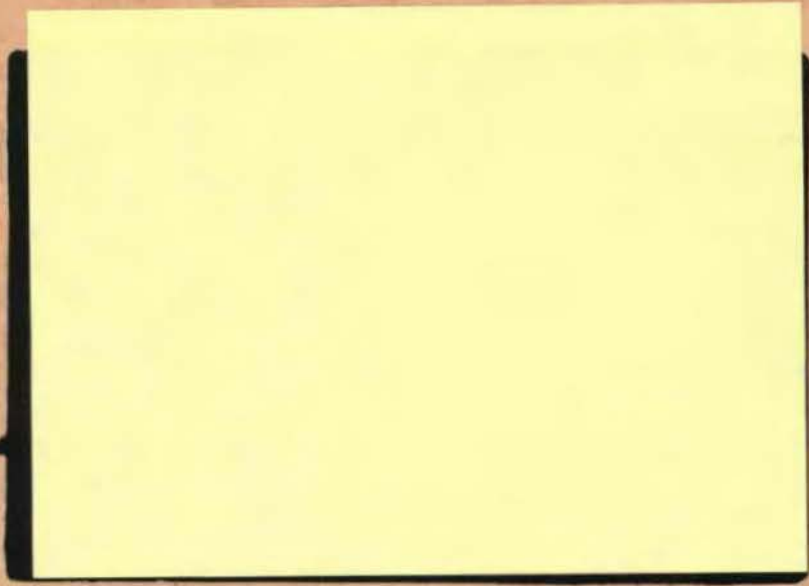


SOD 2/3

SOD:2-3

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute



OSLO — BLINDERN — TLF. 69 58 80

SO.C 2^{III}.C3,

kladder

Tilhører Undergrunnskartverket
192 1884 11/1980

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute

Rapport

Grunnundersøkelser for planlagt kai på
Sørenga, Oslo SO.

O. 481.1.

15. april 1957.

OSLO — BLINDERN — TLF. 69 58 80

- Bilag
- 1: Tegnforklaring og normer
 - 2-4: Borprofiler, borhull IV, VI og IX.
 - 5-10: Resultat av vingeboringer, borhull I, II, III, V, VII og VIII.
 - 11-13: Kornfordelingskurver, borhull IV, VI og IX.
 - 14-15: Konsoliderings- og tidssetningskurver for prøver fra borhull IX.
 - 16: Resultat av setningsberegninger, borhull IX.
 - 17: Grafisk fremstilling av tidssetningsforløpet.
 - 18-20: Profiler A, B og C med skjærfasthetsbestemmelser.
 - 21: Fjellkotecart, Sørenga M = 1:1000.
 - 22: Oversiktskart, Sørenga M = 1:1000.

1. INNLEDNING.

Etter oppdrag fra Oslo Havnevesen, Bygningsavdelingen, har Norges geotekniske institutt foretatt grunnundersøkelser på området for en planlagt kai på Sjørenga.

Den nye Sjørengkaia skal ligge i sydvestlig retning mellom utløpene av Akerselva og Loelva.

Hensikten med de utførte undersøkelser har vært å klarlegge grunnforholdene og å redegjøre for setningsforholdene for en utfylling av området til kote +2,20 m.

Planene for kaien er ennå på et forberedende stadium, idet det blant annet ikke er truffet noen endelig avgjørelse om hvilken type kaikonstruksjon som skal anvendes.

Det foreliggende materiale skulle imidlertid gi tilstrekkelig grunnlag for en vurdering av fundamenteringsforholdene.

2. UTFØRTE BORINGER.

Markarbeidet er utført i tiden 19/12 1956 til 6/3 1957, under ledelse av boreformann H. Aspen fra Instituttet med boremannskap fra Oslo Havnevesen. ,

Det er foretatt vingeboringer i 9 hull og tatt opp uforstyrrede prøver i 3 hull. I alle borhull ble det utført spyleboring til fjell. Beliggenheten av borhullene er vist på oversiktskartet i bilag 22, der bunnkotene er opptegnet på grunnlag av Oslo Havnevesens oppmålinger, C. H. 's kart nr. 6127. Fjelllets beliggenhet på det undersøkte område er angitt i bilag 21 ifølge Instituttets spyleboringer. Fjellkoter nord for dette området er tegnet inn ifølge tidligere av Oslo Havnevesen og Forenede Kullimportører utførte boringer til fjell, C. H. 's kart nr. 1436.

Vingeboring.

Ved vingeboring bestemmes grunnens skjærfasthet direkte i marken. Et vingekors presses ned i grunnen og dreies rundt med en bestemt og jevn hastighet inntil man oppnår brudd. Maksimalt vridningsmoment under dreiningen gir grunnlag for å beregne skjærfastheten. Grunnens skjærfasthet bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand.

Ved vurderingen av vingeborresultatene må man være oppmerksom på at målingene kan gi gale verdier dersom det finnes sand, grus eller stein i grunnen. Skjærfastheten kan bli for stor hvis det ligger en stein ved vingen, og den målte verdi kan bli for lav hvis det presses ned stein foran vingen slik at leira omrøres før målingen. Målingene ble utført for hver meter dybde i leirlaget ned til 20-25 m under sjøbunn.

Prøvetaking.

Med det anvendte prøvetakingsutstyr skjæres prøvene ut med tynnveggede stålrør, lengde 80 cm og diameter 54 mm. Prøvesylindere forsegles i begge ender med voks og gummihetter før den transporteres til laboratoriet.

Det ble fra de 3 prøvetakingshull tatt opp tilsammen 27 uforstyrrede jordprøver.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte prøver er undersøkt på Instituttets laboratorium. Prøvene skyves ut av sylindrene og ved besiktigelse blir det gitt en jordartsbeskrivelse. Videre er det utført følgende bestemmelser:

Romvekt er angitt i t/m^3 .

Vanninnhold, vekt av vann i prosent av tørrstoff etter tørking ved $110^{\circ} C$.

Flyte grense og utrullingsgrense er vanninnholdet i prosent ved høyeste og laveste grense for plastisk område av omrørt materiale.

Skjærfastheten er bestemt ved enaksiale trykkforsøk på prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm og høyde 10 cm. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten. Skjærfastheten av uforstyrret og omrørt prøve er også bestemt ved konusforsøk.

Sensitiviteten er forholdet mellom skjærfastheten av uforstyrret og omrørt materiale.

Ødometerforsøk.

For å kunne utføre en setningsanalyse er det utført konsolideringsforsøk i ødometer. Fra hull VI er det kjørt 7 forsøk med prøver fordelt over dybder mellom 11 og 34 m, og fra hull IX samme antall forsøk med prøver fra mellom 3 og 19 m under sjøbunn.

Prinsippet ved ødometerforsøkene er at en skive av leiren med diameter 5 cm og høyde 2 cm belastes vertikalt. Prøven, som er innesluttet i en stålsylinder, ligger mellom to porøse filterstener. Lasten påføres stegvis, og sammentrykningen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert laststeg.

Forsøkene gir grunnlag for å beregne de totale setninger i marken og tid-setningsforløpet.

4. BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE.

Resultatet av de utførte grunnundersøkelser fremgår av borprofilene i bilag 2 - 10, hvor det er angitt jordartsbetegnelser og diagrammer som i de forskjellige dybder under sjøbunn viser romvekt, naturlig vanninnhold, flyte- og utrullingsgrenser, samt skjærfastheter og sensitivitet.

Vandybdene i det prosjerterte kaiområde varierer stort sett mellom 3 - 10 m. De målte dybder ved borhullene stemmer godt overens med de som er angitt på Oslo Havnevesens bunnkotecart nr. 6127, bilag 22, med unntagelse av hull IV, der den målte dybde var 13,9 m mot 10,5 m på bunnkotecartet.

Rett sønnenfor Oslo Havnevesens verkstedshavn er det lagt en større fylling, som er støttet opp i ytterkant dels med en tett pelerekke og dels med en kort plankespunt. Høyeste punkt på fyllingen er på ca. kote + 1.80.

Over store deler av området ligger det øverst et fyllingslag av tykkelse opptil 14 m. Fyllingen består hovedsakelig av grus og sand og delvis av byfyll og større betongklumper fra nedrevne konstruksjoner.

Variasjonene i fyllingens mektighet fremgår av jordartsprofilene A, B og C i bilag 18-20.

Grunnforholdene ved de forskjellige borhull kan i store trekk beskrives som følger.

Borhull IV.

Under fyllingslaget, som her er ca. 8 m tykt, er det et ca. 3 m tykt lag med siltig leire av romvekt $1,85 \text{ t/m}^3$ og vanninnhold ca. 35%. Skjærfastheten er målt til ca. $3,5 \text{ t/m}^2$. Derunder ligger det et forholdsvis tynt lag med grusig, sandig leire. Dette laget er forøvrig registrert i alle borhullene og strekker seg sannsynligvis kontinuerlig over hele området.

Videre nedover består grunnen av en middels fast og middels sensitiv leire. Vanninnholdet avtar noe med dybden ned til ca. 20 m under sjøbunnen, mens romvekten øker tilsvarende fra omkring $1,85$ til $1,95 \text{ t/m}^3$. Skjærfastheten er tilnærmet konstant med en verdi av ca. $3,5 \text{ t/m}^2$. Det er registrert noe lavere verdier med enkle trykkforsøk, men disse vil man anta skyldes forstyrrelse av prøvene.

Borhull VI.

Grunnforholdene ved borhull VI er tilnærmet de samme som ved hull IV. Den ca. 10 m tykke fylling er begrenset til området umiddelbart rundt enden av Sørengkaia. Under fyllingen består grunnen til fjell av en middels fast leire med en gjennomsnittlig skjærfasthet på ca. $4,0 \text{ t/m}^2$. Nærmest fyllingen er leira meget sensitiv og sterkt sulfidholdig. De øvre 6 - 7 m av leira er noe humusholdig.

Det er konstatert lagdeling ned til en dybde av ca. 22 m under sjøbunnen, antagelig som følge av forandringer i strømnings-hastigheten av Akerselva gjennom tidene. På grunn av denne lagdeling er grunnforholdene i de øvre 12 m noe variable; vanninnholdet varierer mellom 25 og 40%, romvekten har tilsvarende verdier mellom $2,0$ og $1,73 \text{ t/m}^3$, og skjærfastheten varierer mellom $3,0$ og $5,0 \text{ t/m}^2$ med en gjennomsnittsverdi på ca. 4 t/m^2 .

Fra ca. 22 m u. b. (kote -25) og nedover består grunnen av en middels fast og middels sensitiv leire. Vanninnholdet avtar fra 40% på 22 m dybde til ca. 25% på 35 m u. b., og romvekten øker tilsvarende fra $1,85$ til $2,0 \text{ t/m}^3$. Skjærfastheten for de samme dybder ligger gjennomsnittlig på $3,5 \text{ t/m}^2$.

Borhull IX.

Borhull IX er beliggende inne på Oslo Havnevesens verkstedshavn. Prøver fra dette hull viser at de øverste 2-3 m består av gytje og slam. Derunder er det et 3 - 4 m tykt lag med humus- og sulfidholdig siltig leire, tildels noe lagdelt, med vanninnhold på 45-40%, romvekt $1,7 - 1,8 \text{ t/m}^3$ og skjærfasthet $1,5 - 2,0 \text{ t/m}^2$.

Fra 6 - 7 m dybde består grunnen av leire med vanninnhold avtagende fra ca. 40% og romvekt økende fra $1,8 \text{ t/m}^3$. Skjærfastheten øker fra ca. $2,0 \text{ t/m}^2$ på 6 - 7 m dybde til ca. $3,5 \text{ t/m}^2$ på 20 m dybde.

Fjellets beliggenhet.

Dybden til antatt fjell over kaiområdet varierer forholdsvis lite, med største og minste dybde henholdsvis på kote ca. -45 og -60 m.

5. SETNINGER.

Som nevnt i innledningen, er det ikke tatt noen endelig avgjørelse om hvilken type kaikonstruksjon som skal komme til anvendelse på Sørenga.

Det er derfor foreløpig utført setningsberegninger bare for selve fyllingen, og en har basert disse på ødometerforsøk med prøver fra borhull IX. En vil anta at hull IX representerer den del av området som vil få de største setninger.

I bilag 14-15 er vist endel typiske resultater fra ødometerforsøkene fra hull IX.

Setningene av et byggverk kan deles inn i tre faser:

1. Elastiske setninger, δ_1 , som foregår momentant og under konstant volum (ingen vannutpressing).
2. Primærsetninger eller konsolideringssetninger, δ_c , som skyldes at vannet langsomt presses ut av leira. Primærsetningenes tidsforløp er følgelig avhengig av leiras permeabilitet (vanngjennomtrengningsevne).
3. Sekundærsetninger, δ_s , som blant annet er avhengig av leirmineralenes kjemisk-fysiske egenskaper og først inntreffer når primærsetningene er avsluttet, dvs. når porevannsovertrykket er utlignet.

Størrelsen av de elastiske setninger, δ_1 , kan dreie seg om 5 - 10% av primærsetningene. For en fylling er det imidlertid av liten interesse å bestemme δ_1 , da fyllingen i alle tilfelle legges opp til en bestemt kotehøyde. Når dette nivå er nådd, vil de elastiske setninger nødvendigvis være avsluttet.

Primærsetningenes tidsforløp er proporsjonalt med kvadratet av leirlagets tykkelse - eksempelvis vil, under ellers like forhold, et 10 m tykt leirlag sette seg fire ganger så raskt som et leirlag av tykkelse 20 m. En annen og viktig faktor er dreneringsmulighetene under konsolideringen. Hvis det 10 m tykke laget har fri drenasje både oppover og nedover, mens 20 m laget, under ellers like forhold, bare kan drenere oppover, vil det første sette seg 16 ganger så fort som det andre.

Sekundærsetningenes størrelse lar seg vanskelig bestemme ut fra ødometerforsøk eller rutinemessige undersøkelser. I det foreliggende tilfelle vil en anta at de er av størrelsesorden 10-15% av primærsetningene.

Resultatet av den utførte setningsanalyse er vist i bilag 16, der primærsetningene er fremstilt som funksjon av belastningsintensiteten.

Eksempelvis vil fyllingshøyden ved hull IX bli ca. 13 m (kote +2,20). Med vannstand på kote 0 vil dette gi en belastningsintensitet på ca. $16,0 \text{ t/m}^2$, som ifølge diagrammet i bilag 18 gir ca. 150 cm primærsetninger.

Som det vil fremgå av borprofilet i bilag 4, består de øverste 2 - 2,5 m ved hull IX av gytje og slam. Dette laget er ikke tatt med i setningsberegningen. Imidlertid vil setningsbidraget fra gytje- og slamlaget bli meget stort - anslagsvis ca. 1 m.

Da disse setningene vil foregå over lengre tid, kan det være spørsmål om det ikke lønner seg å fjerne gytjelaget før oppfyllingen tar til.

Setningenes avhengighet av tiden.

En beregning av setningenes tidsforløp krever blant annet at en har kjennskap til leirlagets dreneringsmuligheter under konsolideringen, dvs. om dreneringen - porevannsstrømningen - er ensidig (oppover eller nedover), tosidig (opp- og nedover) eller allsidig.

Ut fra spyleboringene, som alle ble ført til fjell, vil en anta at leirlaget ligger direkte på fjellet uten noe sand- eller gruslag imellom. Videre vil en anta at fjellet er noe nær tettimpermeabelt - slik at porevannstrømningen under konsolideringen av leira vil gå oppover - altså ensidig drenering.

Under disse forutsetninger er det i bilag 17 angitt setningenes tidsforløp for forskjellige dybder til fjell, regnet fra underkant nåværende fylling.

Som vist i eksempelet i samme bilag, vil 20% av primærsetningene - for $H = 40$ m - ha funnet sted etter ca. 5 år. For en belastning på 16 t/m^2 vil setningenes størrelse δ - se bilag 16 - på dette tidspunkt være

$$\delta = \bar{U} \cdot \delta_c = 0,2 \cdot 150 = \underline{30 \text{ cm.}}$$

Som det fremgår av profilene i bilag 18 - 20, er det ved boringene registrert et lag med grusig, sandig leire på ca. kote -25. Det er sannsynlig at permeabiliteten av dette laget er betraktelig større enn for leira over og under. Hvis derfor laget strekker seg kontinuerlig over hele området, vil setningene av fyllingen få et atskillig raskere tidsforløp. I bilag 17 er antydnet tidsetningsforløpet for $H = 13$ m, under den forutsetning at leira over laget har en gjennomsnittlig tykkelse av 13 m og kan drenere fritt både oppover inn i fyllingen og nedover inn i grus-sand-leirlaget.

For dette tilfelle vil 20% av setningene ha funnet sted etter mindre enn 2 måneder, og over 90% etter 5 år.

De utførte borer gir ikke tilstrekkelig grunnlag til å kunne fastslå hvilken av de to dreneringsmuligheter som er den mest sannsynlige.

6. SAMMENDRAG:

Instituttet har etter oppdrag fra Oslo Havnevesen, Bygningsavdelingen, utført grunnundersøkelser på Sørenga, der det skal anlegges en ny kai mellom utløpene av Akerselva og Loelva.

Kaiprosjektet er ennå på et forberedende stadium, idet det blant annet ikke er tatt stilling til hvilken fundamenttype som skal anvendes.

Vanndybdene i kaiområdet varierer mellom 3-10 m. Dybdene til fjell er store, og fjellet ligger på mellom ca. kote -45 og -60.

Over store deler av området ligger det øverst et fyllingslag av varierende tykkelse, opptil ca. 14 m. Rett sønnenfor verkstedshavnen kommer dette fyllingslaget opp til ca. kote +1,80, mens høyeste punkt på nuværende fylling ved sørenden av den prosjekterte kai ligger på ca. kote -10,0.

Sjøbunnen i verkstedshavnen er mudret, og de øverste 2 - 3 m består her av gytje og slam.

Grunnforholdene under fyllingslaget er stort sett de samme over hele området, idet grunnen vesentlig består av en middels sensitiv og middels fast leire. Nærmest fyllingen er leira enkelte steder noe humus- og sulfidholdig og andre steder noe siltig. Videre er det i alle borhullene registrert et forholdsvis tynt lag med grusig sandig leire ved kote -20 - 25. På grunn av den relativt store avstand mellom borhullene kan en ikke med

sikkerhet si om dette laget er kontinuerlig over hele området.

De målte skjærfastheter varierer stort sett mellom 3,0 og 5,0 t/m² for leira under grusfyllingen, mens de tilsvarende verdier av den ubelastede leira i verkstedshavnen ligger på mellom 1,5 og 3,5 t/m².

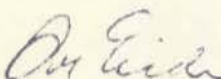
Det er gjennomført en setningsanalyse basert på ødometerforsøk med prøver fra hull IX. Resultatet av analysen er vist i bilag 16 og 17 og viser at setningene er tilnærmet proporsjonale med belastningen.

I bilag 17 er antydnet to forskjellige tidssetningsforløp, vist med henholdsvis hel og stiplet kurve. Kurvene merket '1-sidig drenering' er gitt under forutsetning av at leirlaget bare kan drenere oppover inn i fyllingen. Den stiplede kurve viser tidssetningsforløpet under den forutsetning at leira kan drenere både oppover inn i fyllingen og nedover inn i det forholdsvise tynne laget med grusig, sandig leire. Det er ut fra de utførte grunnundersøkelser ikke mulig å fastslå hvilket av disse to alternativer som er nærmest de riktige forhold.

Da Instituttet er interessert i å følge setningsforløpet, vil en be om å få beskjed i god tid før oppfyllingen skal settes i gang, slik at de nødvendige setningsmålere kan installeres.

Instituttet står gjerne til tjeneste med råd vedrørende fundamenteringen av kaien.





NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT


Ove Eide



Arvid Landva

TEGNFORKLARING OG NORMER FOR BETEGNELSE AV JORDARTERSIGNATUR

	Fyllmasse
	Grus
	Sand
	Silt
	Leire

KORNFRAKSJONER

Kornstørrelse	Betegnelse
> 20 mm	Stein
20 - 6 mm	Grov- grus
6 - 2 mm	Fin-
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

SKJÆRFASTHET

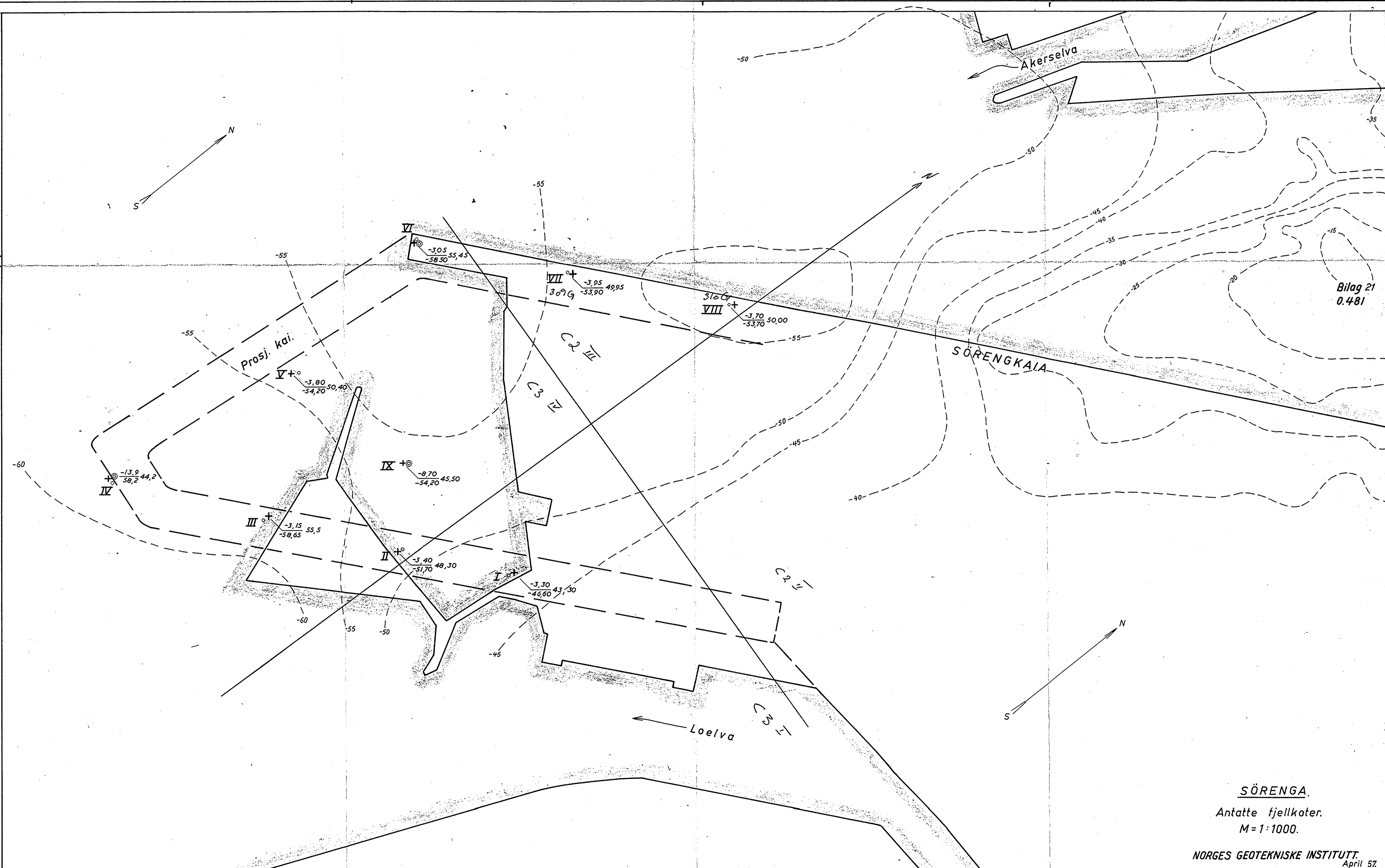
Skjærfasthet	Betegnelse
< 1.25 t/m ²	Meget bløt
1.25 - 2.5 t/m ²	Bløt
2.5 - 5 t/m ²	Middels fast
5 - 10 t/m ²	Fast
> 10 t/m ²	Meget fast

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".



Bilag 21
0.481

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

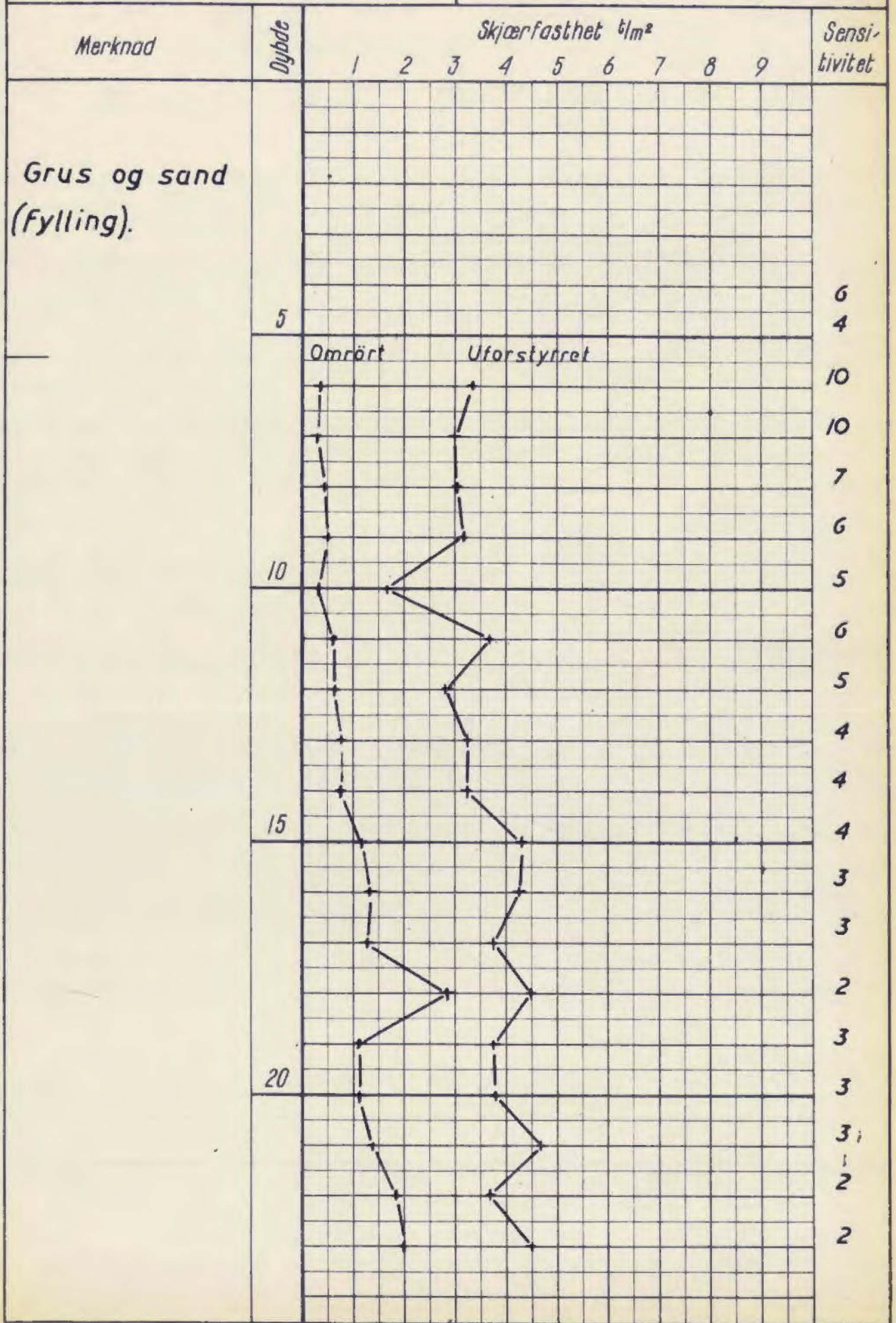
VINGEBORING

Sted: Sörenga 50:C3 I

Hull: I Bilag: 5

Nivå: - 33 Oppdr.: 0 481-1

Ving: 55 x 110 Dato: 2/1-57



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

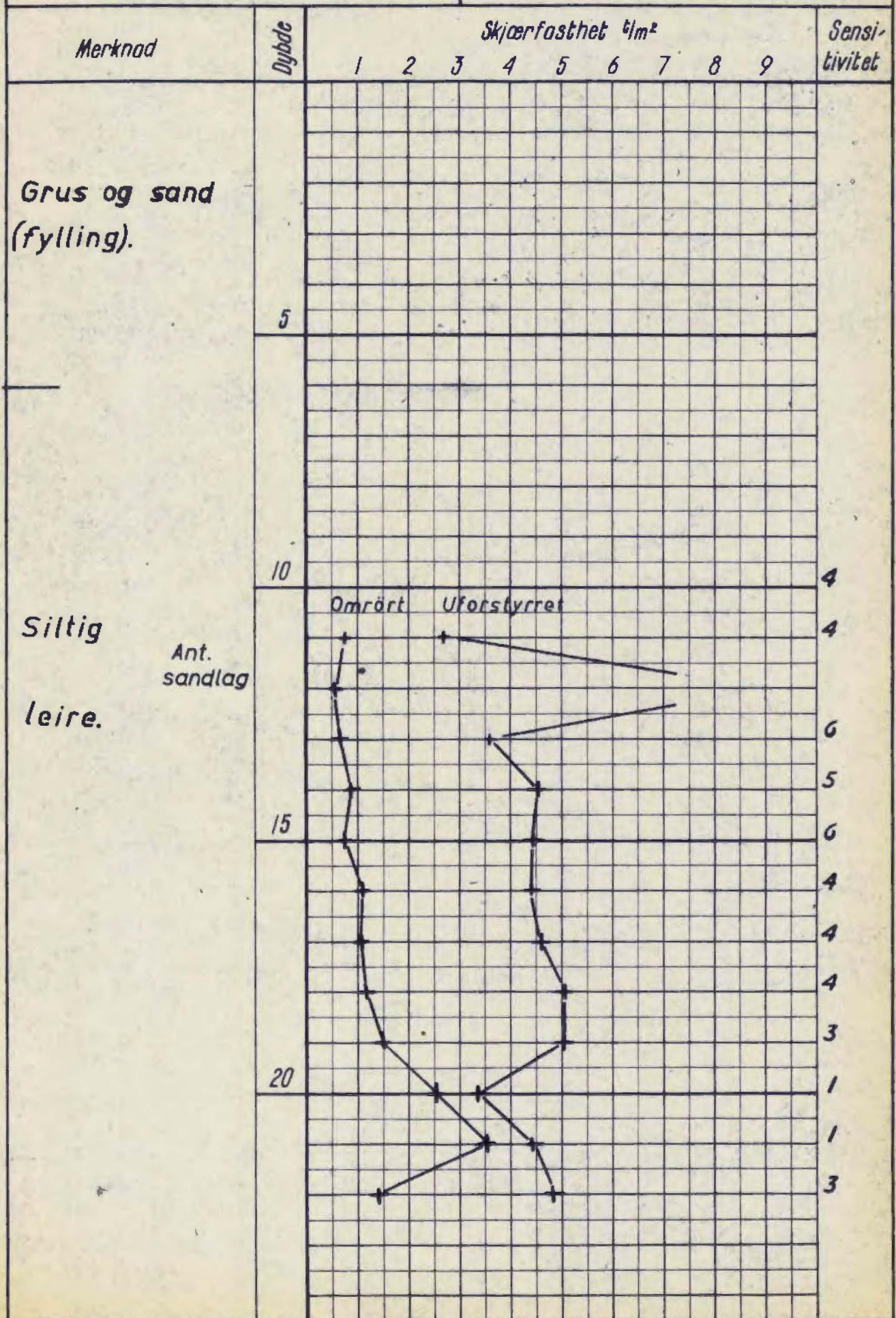
VINGEBORING

Sted: Sörenga SO:C3 ^{IV}

Hull: III Bilag: 7

Nivå: - 3,15 Oppdr.: 0481-1

Ving: 55 110 Dato: 26/1 - 57



NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

VINGEBORING

Sted: Sörenga SO: C3 ^{IV}

Hull: V Bilag: 8

Nivå: -3.8 Oppdr.: 0 481-1

Ving: 55 x 110 Data: 19/2 - 57

Merknad	Dybde	Skjærfasthet t/m^2									Sensitivitet	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Grus og sand (fylling).	5											
Leire eller siltig leire	10											
	15											
	20											

Omrørt

Uforstyrret

10

15

20

Leire
eller
siltig leire

Grus og sand
(fylling).

5
5
5
6
4
4
4
3
1
1
3
3

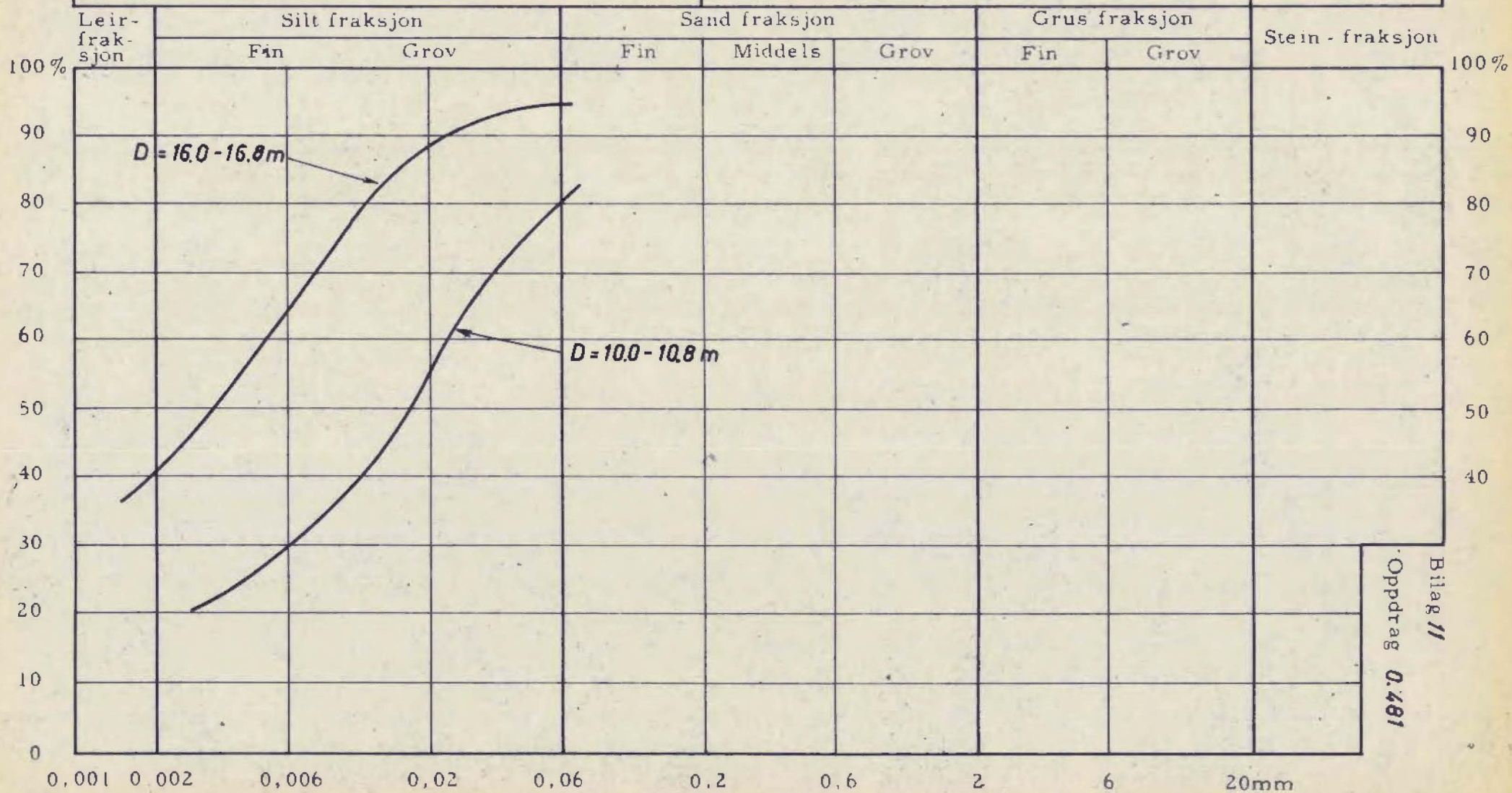
Norges geotekniske institutt

KORNSTØRRELSE - FORDELING

Sted **SÖRENGA, HULL IV.**

Dato **28/3 - 57**

Sign. **V.Z.**



REL. VEKTMENGDE N AV KORN < d

KORNSTØRRELSE (EKV. DIAM.) d →

Bilag II
Oppdrag 0.481

Norges geotekniske institutt

KORNSTØRRELSE - FORDELING

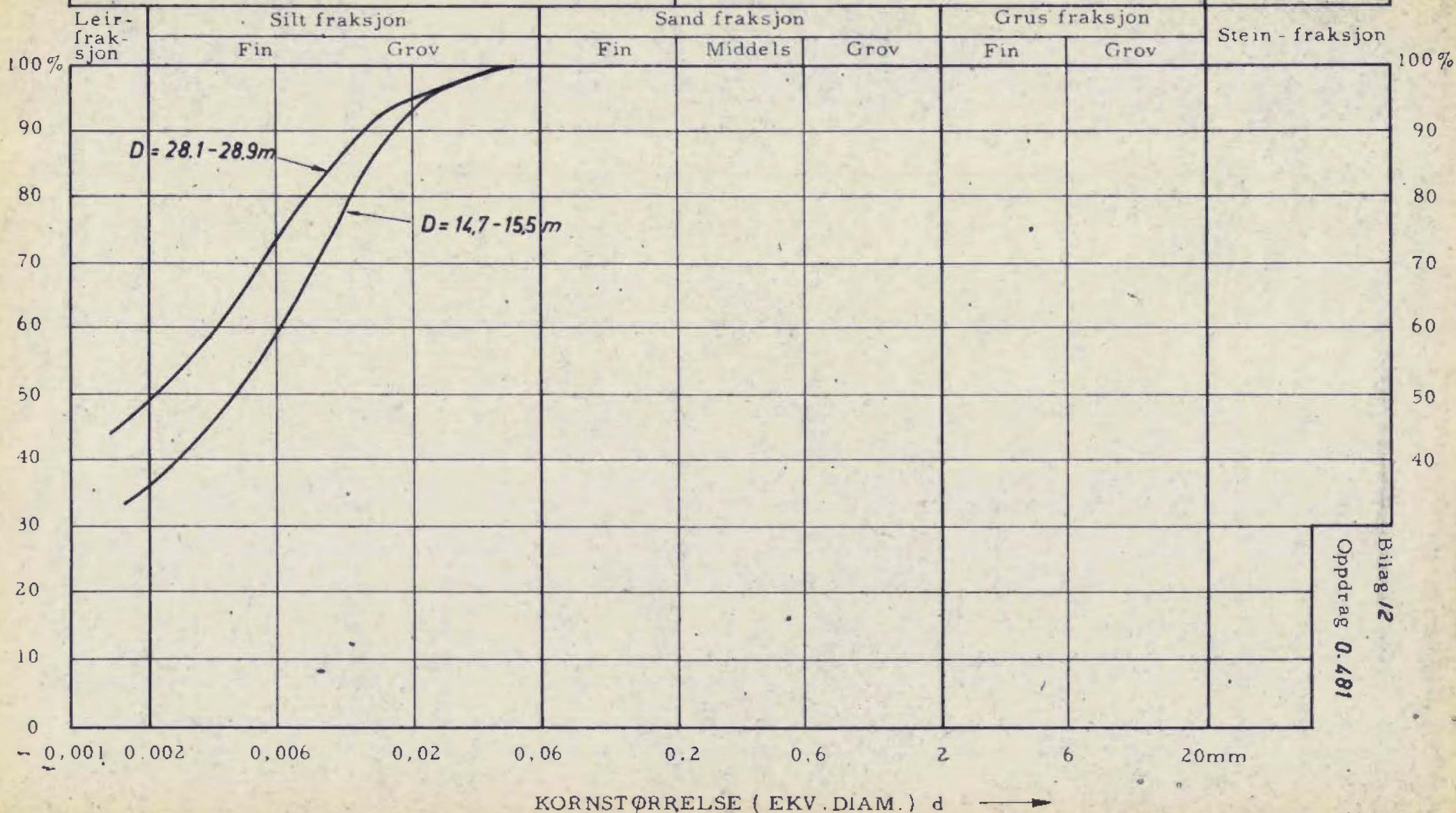
Sted

SÖRENGA.

HULL -VI.

Dato 28/3-57

Sign. V.Z



Norges geotekniske institutt

KORNSTØRRELSE - FORDELING

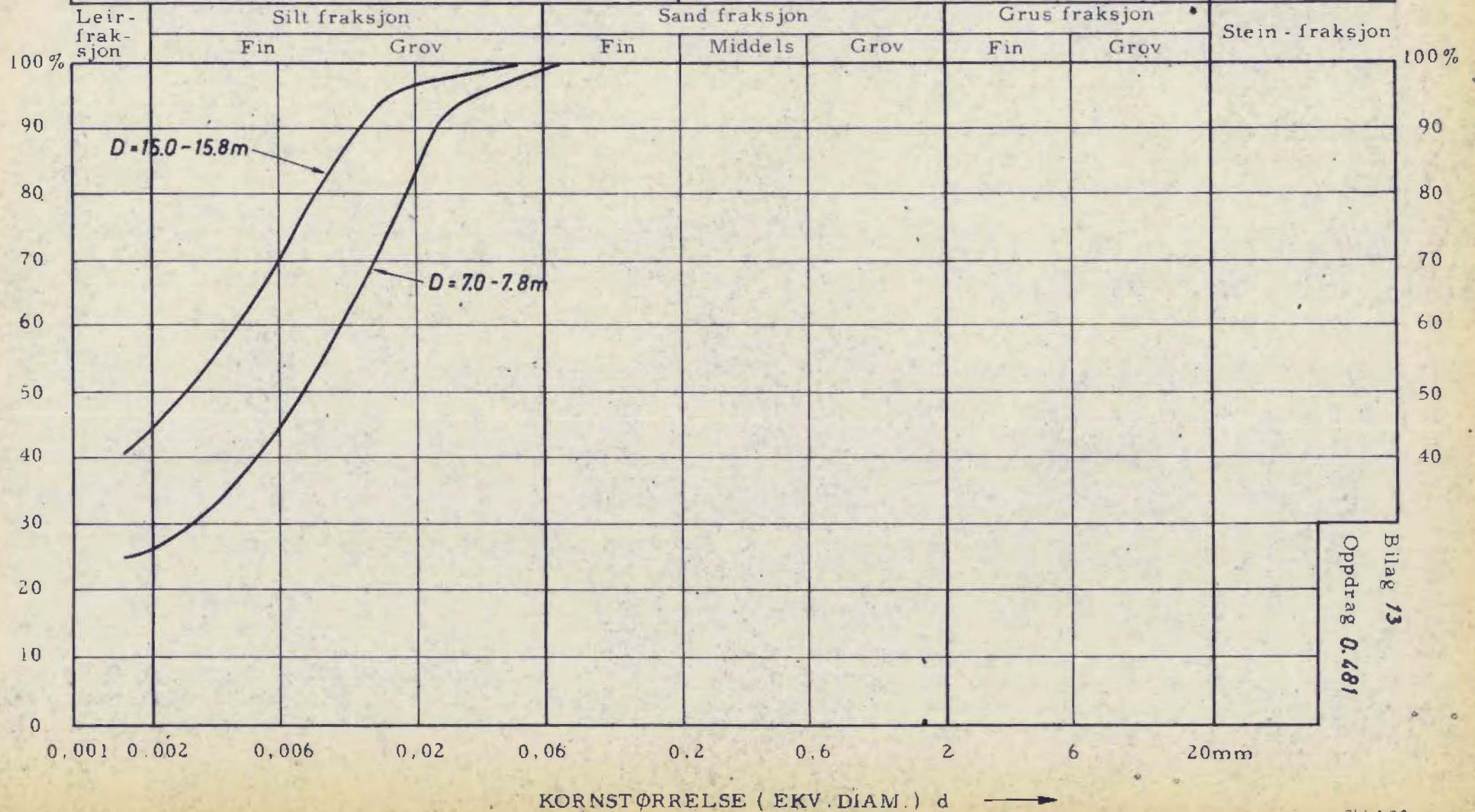
Sted

SÖRENGA.

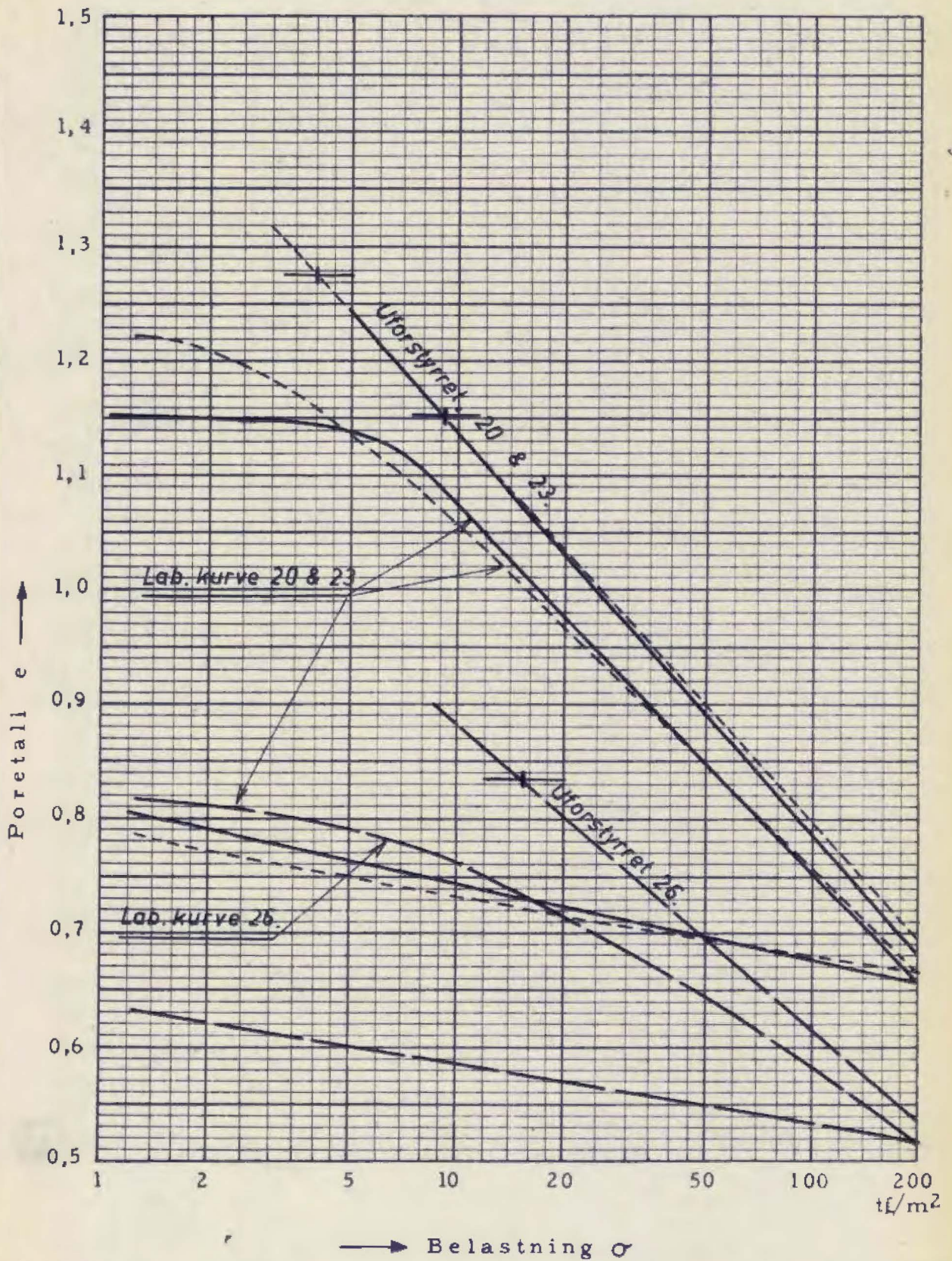
HULL IX.

Dato **28/3-57**

Sign. **V.Z**

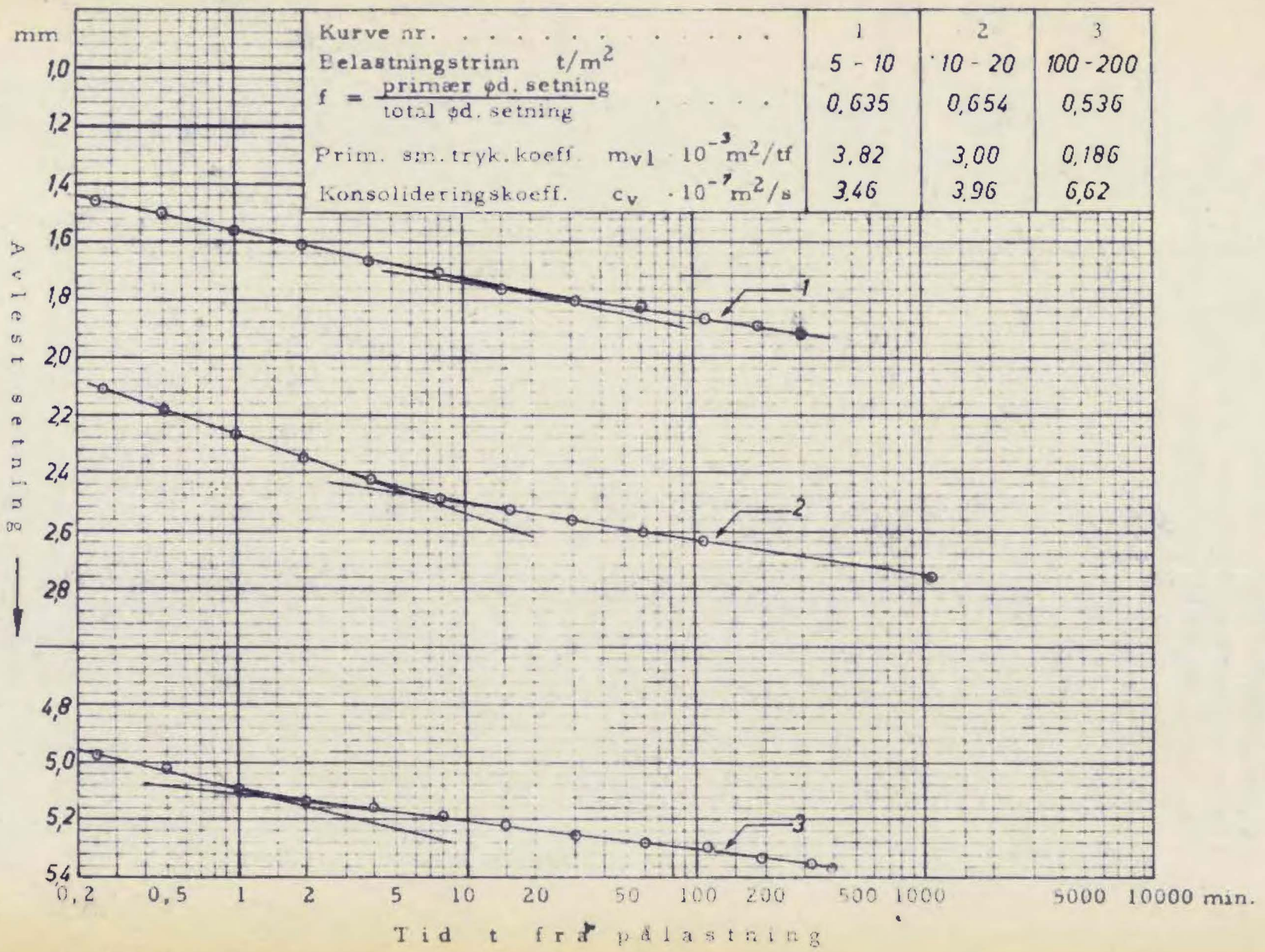


Bilag 13
Oppdrag 0.481

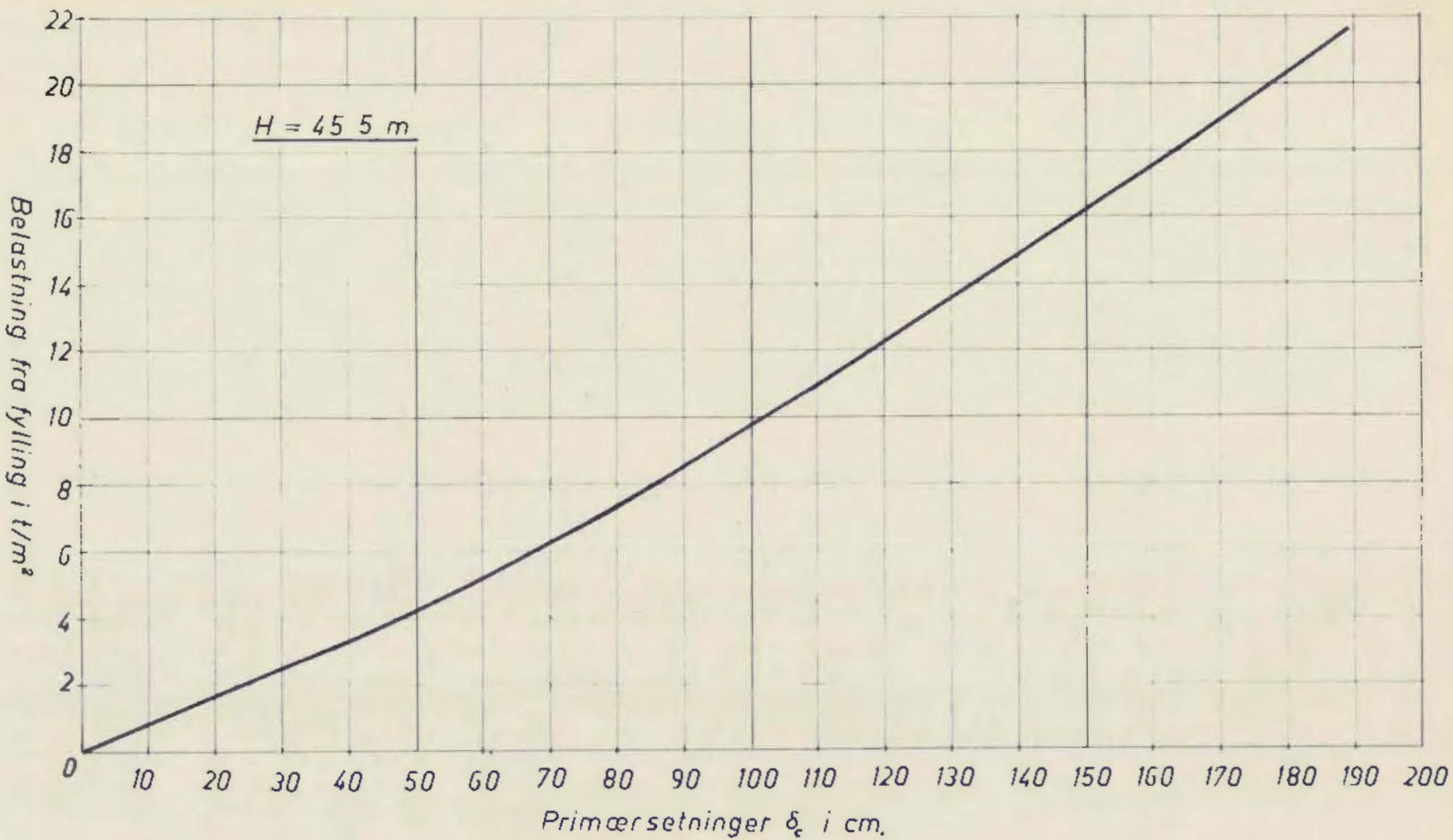


Anmerkninger

- lab.nr. 23, dybde 11,35 m.
- - - " 20, " 5,4 m.
- - - " 26, " 17,2 m.



KONSOLIDERING I ØDOMETER
 Tid-setningsdiagram
 Logaritmisk kurvepassning
 Norges geotekniske institutt



(Setninger av det övre ca. 2m tykke lag med gytje og slam er ikke medregnet.)

SÖRENGA.

Resultat av setningsberegninger
for området ved borhull IX.

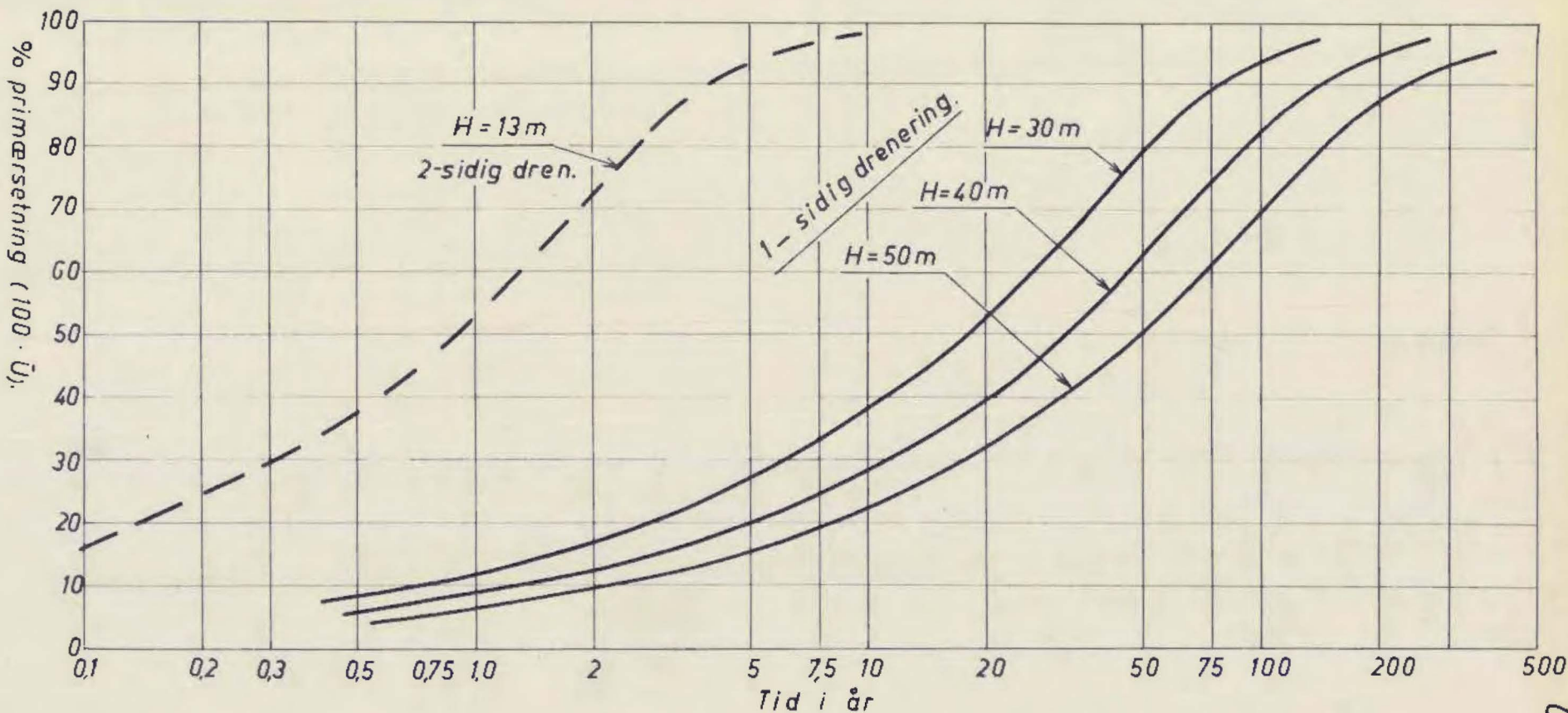
$$\delta = \bar{U} \cdot \delta_c$$

Ex: $H = 40$;

$\bar{U} = 0,2$ (20%);

som gir $t \cong 5$ år

H = tykkelse av leirlag (dybde fra underkant nåv. fylling til fjell).
For verdier av δ_c , se bilag 18.



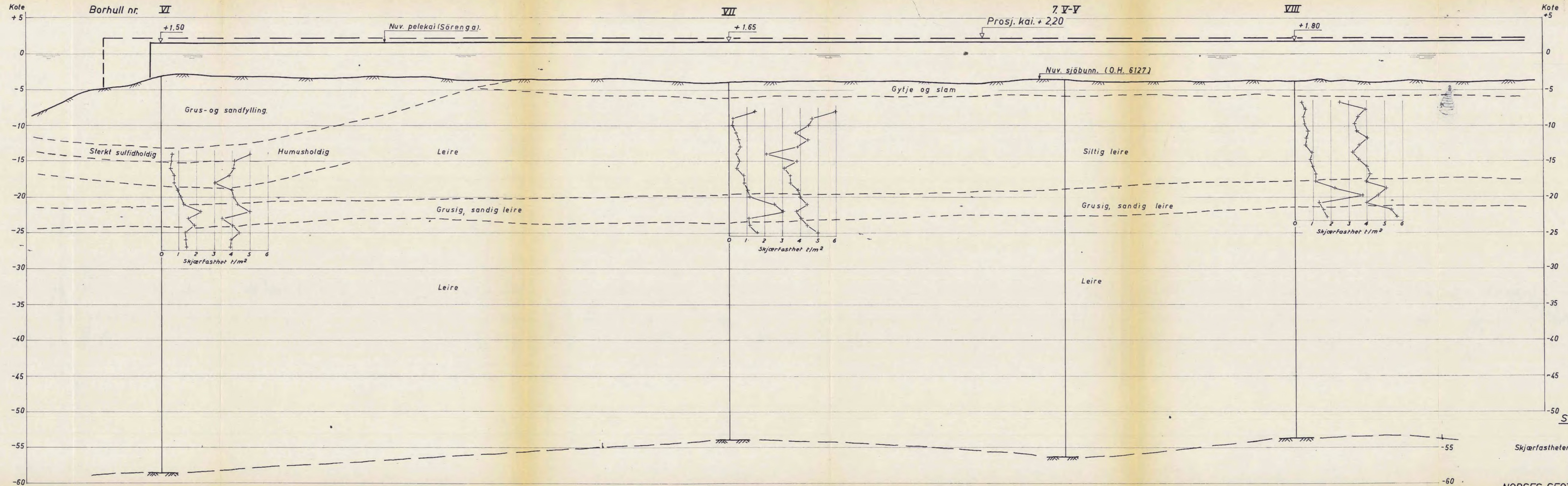
Setningenes avhengighet av tiden.

SÖRENGA.

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT.

April 57.

Bilag 17
0.481



SÖRENGA.
 Profil A.
 Skjærfastheter bestemt med vingebor.
 M = 1 : 250.

