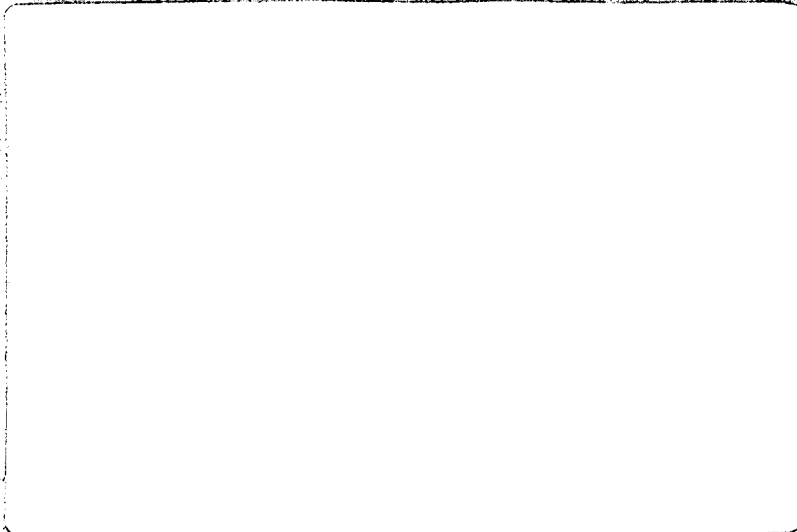


Tilhører Undergrundskartverket
Bakkefjernes

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute



FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 695880

SO.C:4-5

SO.C5, I

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute

Rapport.

Grunnundersøkelser i forbindelse med
utfylling i Kongshavn , Oslo SØ.

O. 126. 2-1

29. august 1958

FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 695880

Bilagsfortegnelse.

1. Tegnforklaring og normer
2. Situasjonsplan
3. Borprofil, hull 8
4. Resultat av dreiesonderinger i hull 1, 2, 3 og 9
5. Profil A med jordartsbeskrivelse og resultat av dreiesonderinger og vingeboringer
6. Profil B med jordartsbeskrivelse, antatte skjærfasthetskoter (s_u t/m²) og resultat av stabilitetsanalyse etter s_u - metoden
7. Profil B med jordartsbeskrivelse, antatte skjærfasthetsparametre (c t/m² og ϕ^0) og resultat av stabilitetsanalyse etter $c\phi$ - metoden
8. Sikkerhetsfaktoren $F_{c\phi}$ som funksjon av leirens konsolideringsgrad \bar{U} for forskjellige glideflater

1. INNLEDNING.

Etter oppdrag av 18. desember 1957 fra Oslo Havnevesen har Norges geotekniske Institutt utført grunnundersøkelser for en påbegynt utfylling av Kongshavn. Det vesentlige av utfyllingen er allerede utlagt.

Hensikten med undersøkelsene har vært å klarlegge grunnens beskaffenhet med sikte på å kunne utføre en beregning av fyllingens stabilitet.

På grunn av den allerede utlagte fyllings beskaffenhet og mektighet (15-20 m) har det ikke med vanlig borutstyr vært mulig å trenge gjennom denne. Grunnens geotekniske egenskaper under fyllingen er derfor antatt på grunnlag av undersøkelser foretatt utenfor fyllingsfoten.

2. MARKARBEIDET.

Markarbeidet er utført i tiden 16/4 - 2/5-1958 under ledelse av tekniker H. Aspen fra Instituttet og med hjelpemannskap stilt til disposisjon av Oslo Havnevesen.

Undersøkelsene har bestått i opptagning av uforstyrrede jordprøver, vinge-boring og dreiesondering.

Beliggenheten av de forskjellige borhull er angitt på situasjonsplanen i bilag 2.

Profil A og B, bilag 5 og 6-7, er tegnet opp på grunnlag av utført nivellément og opplodding av sjøbunn.

Prøvetagning.

For opptagning av uforstyrrede jordprøver ble anvendt Instituttets 54 mm prøvetager. Med denne blir prøvene skåret ut ved at en tynnvegget stålsylinder med lengde 80 cm og diameter 54 mm trykkes ned gjennom grunnen. Sylinderen med prøven blir deretter trukket opp igjen, forseglet med voks og gummihefter i begge ender og bragt til laboratoriet.

Det er ialt tatt opp 7 uforstyrrede prøver.

Vingeboring.

En jordarts udrenerte skjærfasthet bestemmes i marken ved hjelp av vingebor. Et vingekors som er presset ned i grunnen dreies rundt med en bestemt og jevn hastighet inntil brudd oppstår. Maksimalt torsjonsmoment under dreiningen gir grunnlag for beregning av skjærfastheten. Grunnens skjærfasthet bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand. Målingene utføres for hver meter.

Ved vurdering av vingeborresultatene må man være oppmerksom på at målingene kan gi gale verdier hvis det finnes sand, grus eller stein i grunnen. Skjærfasthetsverdiene kan bli for store dersom det ligger en stein ved vingen, mens den målte verdi kan bli for lav dersom det presses ned en stein foran vingen, slik at jordarten omrøres før målingene.

Dreiesondering.

Det anvendte utstyr består av ϕ 20 mm borstenger av 1 m lengde som skrues sammen med glatte skjøter. Nederst skrues på en 20 cm lang pyramideformet spiss med sidekant 3 cm. Spissen er vridt én omdreining. Boret trykkes ned med minimumsbelastning, idet belastningen økes trinnvis til 100 kg. Hvis boret ikke synker med denne belastning, dreies det rundt og antall halve omdreining pr. meter synkning noteres. Ved opptegningen av resultatene er belastningen angitt på venstre side av borhullet mens diagrammet på høyre side angir antall halve omdreining pr. meter synkning av boret.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte prøver er undersøkt på Instituttets laboratorium. Prøvene skyves ut av sylindren og det gis ved besiktigelse en jordartsbeskrivelse.

Videre er det gjort følgende bestemmelser:

Romvekt av naturlig fuktig prøve.

Vanninnhold som er vekt av vann i prosent av tørrstoffvekten.

Flyte- og utrullingsgrense som er vanninnholdet ved henholdsvis høyeste og laveste grense for plastisk område i omrørt materiale.

Skjærfastheten er bestemt ved trykkforsøk på prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6$ cm og høyde 10 cm. Skjærfastheten av uforstyrret og omrørt prøve er også bestemt ved konusforsøk.

Sensitiviteten er forholdet mellom skjærfastheten av uforstyrret og omrørt materiale.

4. BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE.

I profil A og B er resultat av vinge boring og dreiesondering tegnet opp. Resultatet av den utførte prøvetagning fremgår av borprofilet i bilag 3, hvor det er angitt jordartsbetegnelser og diagrammer som i de forskjellige dybder viser naturlig vanninnhold, flyte- og utrullingsgrense, romvekt, skjærfasthet og sensitivitet.

Som nevnt i innledningen var det ikke mulig med vanlig borutstyr å trenge gjennom den 15-20 m tykke fyllingen. For noenlunde å kunne fastslå skillet mellom fylling og leire, har en gått frem på følgende måte: Et kart over området fra 1927 viser opprinnelig strandlinje som antydnet på situasjonsplanen i bilag 2. Grunnundersøkelser og opploddinger for Nordre Bekkelagskai i 1947, også før påbegynnelse av fyllingsarbeidet, viser opprinnelig sjøbunn som den vil fremgå av Instituttets rapport O. 126. 2-2 for Nordre Bekkelagskai. Under den sannsynlige forutsetning at sjøbunnen har hatt noenlunde samme, jevne fall på begge sider av Sjursøya, fremkommer de angitte jordartsskiller i profil A og B.

Under fyllingen er det ved hull 8, og sannsynligvis også videre innover, leire med relativt høyt vanninnhold og liten skjærfasthet. Naturlig vanninnhold varierer mellom 45 og 50%, avtagende med dybden.

Leirens udrenerte skjærfasthet, målt med vingebor in situ og enkle trykkforsøk samt konusforsøk i laboratoriet, øker jevnt med dybden bortsett fra de øvre 2-3 m av leirlaget, der leiren antagelig er noe forvitret. Fra ca. kote -20 til -26 øker skjærfastheten fra 1,5 til 2,5 t/m², tilsvarende

et s_u/p -forhold på 0,25 (der s_u = udrenert skjærfasthet, p = effektivt overlagingstrykk). I denne dybde er det et "drop" i skjærfastheten ned til ca. $1,5 \text{ t/m}^2$, hvorefter den igjen øker med dybden tilsvarende et s_u/p - forhold på 0,14.

Skjærfasthetsdroppet ved kote -26, samt forskjellen i s_u/p - forholdet over og under denne dybde, angir skillet mellom to forskjellige avleiringer.

Bestemmelser av saltinnholdet på prøver fra de to avleiringer gir verdier på 28,4 og 34,2. g/l i dybder på henholdsvis 9 og 17 m.

Leirens omrørte skjærfasthet varierer mellom 0,5 - $1,0 \text{ t/m}^2$ og sensitiviteten er gjennomsnittlig 3-4.

Fjelllets beliggenhet er ikke kjent, da ingen av boringene ble ført til fjell.

5. STABILITETSBEREGNINGER.

Det er gjennomført en stabilitetsanalyse av fyllingsskråningen etter to forskjellige metoder:

Ved en s_u - analyse antas det at skjærfastheten langs den tenkte glideflate er lik de verdier som bestemmes ved vingeborforsøk in situ eller enkle trykkforsøk i laboratoriet, dvs. den udrenerte skjærfasthet s_u . s_u - analysens anvendelsesområde er strengt tatt begrenset til selve byggetilstanden, dvs. tilstanden under og umiddelbart etter at relativt hurtige belastningsendringer har funnet sted.

En beregning av stabiliteten for en stasjonær tilstand kan bare bestemmes ved en $c\phi$ - analyse, der jordarten betraktes som et materiale med både kohesjon (c) og friksjon (ϕ). For utførelsen av beregningene må man kjenne poretrykket og de effektive spenninger langs glideflaten.

Resultat av s_u - analysen.

Som det vil fremgå av profil B i bilag 6, er s_u - analysen i det foreliggende tilfelle basert på målte skjærfastheter utenfor fyllingen og antatte skjærfastheter under fyllingen. De antatte skjærfastheter fremkommer under den

forutsetning at grunnforholdene er jevne over hele området og at leirgrunnen under selve fyllingen har konsolidert under vekten av fyllingen slik at en skjærfasthetsøkning tilsvarende 75% konsolidering ($\bar{U} = 75\%$) her har funnet sted.

Under disse forutsetninger, og med total og neddykket romvekt for fyllingen på henholdsvis $\gamma = 1,6$ og $\gamma' = 0,8$ t/m³, fåes en sikkerhetsfaktor $F_{su} = 0,86$ uten belastning på området. Uten den antatte skjærfasthetsøkning er sikkerhetsfaktoren av størrelsesorden $F_{su} = 0,7$.

Resultatet av s_u - analysen viser at hvis fyllingen hadde vært lagt ut hurtig, slik at ingen konsolidering av leiren hadde funnet sted, ville man ha fått store utglidninger, dvs. utglidninger langs relativt dyptgående glideflater.

Den nødvendige stabilitet av fyllingen kan derfor eventuelt bare oppnåes ved en langsom oppfylling, idet leirlaget gis tid til å konsolidere helt eller delvis under oppfyllingsarbeidet. Ved konsolidering forståes utpresning av porevann, slik at overtrykket i porevannet er utjevnet ved 100% konsolidering ($\bar{U} = 100\%$).

Resultat av $c\phi$ - analysen.

Langtidsstabiliteten av en fylling, dvs. stabiliteten ved forskjellige grader av konsolidering ($\bar{U} \%$), kan beregnes ved en $c\phi$ - analyse. Skjærfastheten beregnes etter formelen

$$s = c + (p - u) \operatorname{tg} \phi,$$

der c = kohesjon (uforandret ved belastningsendringer),

p = totalt overlageringstrykk,

u = poretrykk,

og ϕ = friksjonsvinkel.

Ved en konsolideringsgrad $\bar{U} = 0\%$ innsettes poreovertrykket Δu likt med belastningsøkningen Δp , dvs. tilleggsbelastningen opptas i sin helhet av porevannet. For $\bar{U} = 100\%$ opptas Δp i sin helhet av korntrykket, dvs. $\Delta u = 0$.

c ϕ - analysen er i det foreliggende tilfelle basert på skjærfasthetsparametrene c og ϕ målt på prøver fra Tjuvholmsutstikkeren, der grunnforholdene er meget nær de samme som i Kongshavn. Resultat av triaksialforsøk ga her verdiene c = 0,5 t/m² og ϕ = 30°. For fyllingen er anvendt skjærfasthetsparametrene c = 0 og ϕ = 33°.

Resultatet av c ϕ - analysen fremgår av profil B i bilag 7 og diagrammet i bilag 8. For en konsolideringsgrad i leirlaget større enn ca. 30% vil den kritiske glideflate for ubelastet fylling ligge i selve fyllingen, nær fyllingskråningen. For mindre grad av konsolidering vil man ha mer dyptgående glideflater, som f. eks. sirkel 5 i bilag 7.

Imidlertid vil Instituttet anta at konsolideringsgraden \bar{U} på grunn av den relativt langsomme oppfylling idag er større enn 50%, dvs. den kritiske "glideflate" ligger i selve fyllingskråningen.

Tillatt belastning på fyllingen kan innerst på området, ifølge beregningene, settes til ca. 10 t/m², avtagende i retning utover. De ytterste 10-15 m bør ikke belastes, medmindre fyllingskråningen slakes noe ut.

6. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

De utførte stabilitetsberegninger av fyllingen i Kongshavn er basert på boringer utenfor fyllingen, idet det ikke med vanlig borutstyr var mulig å ta opp prøver av leirlaget under fyllingen.

Stabilitetsanalysen viser at den nødvendige stabilitet av fyllingen bare kan oppnåes ved en langsom oppfylling, slik at leiren får anledning til å konsolidere under fyllingsarbeidet.

Instituttet vil derfor gi følgende råd vedrørende de gjenstående arbeider og belastning av fyllingen :

På det parti hvor fyllingen er avsluttet, bør skråningen slakes ut til ca. 1:2.

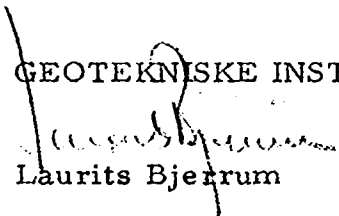
På de partier hvor det gjenstår fyllingsarbeider bør oppfyllingen skje gradvis og ikke raskere enn den til nå utførte oppfylling.

Sjøbunnen utenfor fyllingen bør ikke ligge dypere enn ca. kote -12,0 innenfor en avstand av ca. 50 m fra ferdig fyllingskant. Hvis denne betingelse ikke er oppfylt, bør man legge ut den nødvendige kontrafylling fra lekter før utfyllingen fra land fortsettes.

Det er aktuelt å belaste fyllingen med opptil 2 t/m^2 . Stabilitetsberegninger av fyllingen har vist at man med en sikkerhet på $F_{c\phi} = 1,5$ kan tillate en belastning på ca. 10 t/m^2 innerst på området, avtagende i retning utover.

Den aktuelle belastning på ca. 2 t/m^2 bør med fyllingsskråning 1:2 holdes innenfor en avstand av ca. 3-4 m fra ferdig fyllingskant. Med naturlig skråning på fyllingen blir den tilsvarende avstand ca. 12 - 15 m.

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT


Laurits Bjerrum


Arvid Landva


Ove Eide

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

SKJÆRFASSTHET

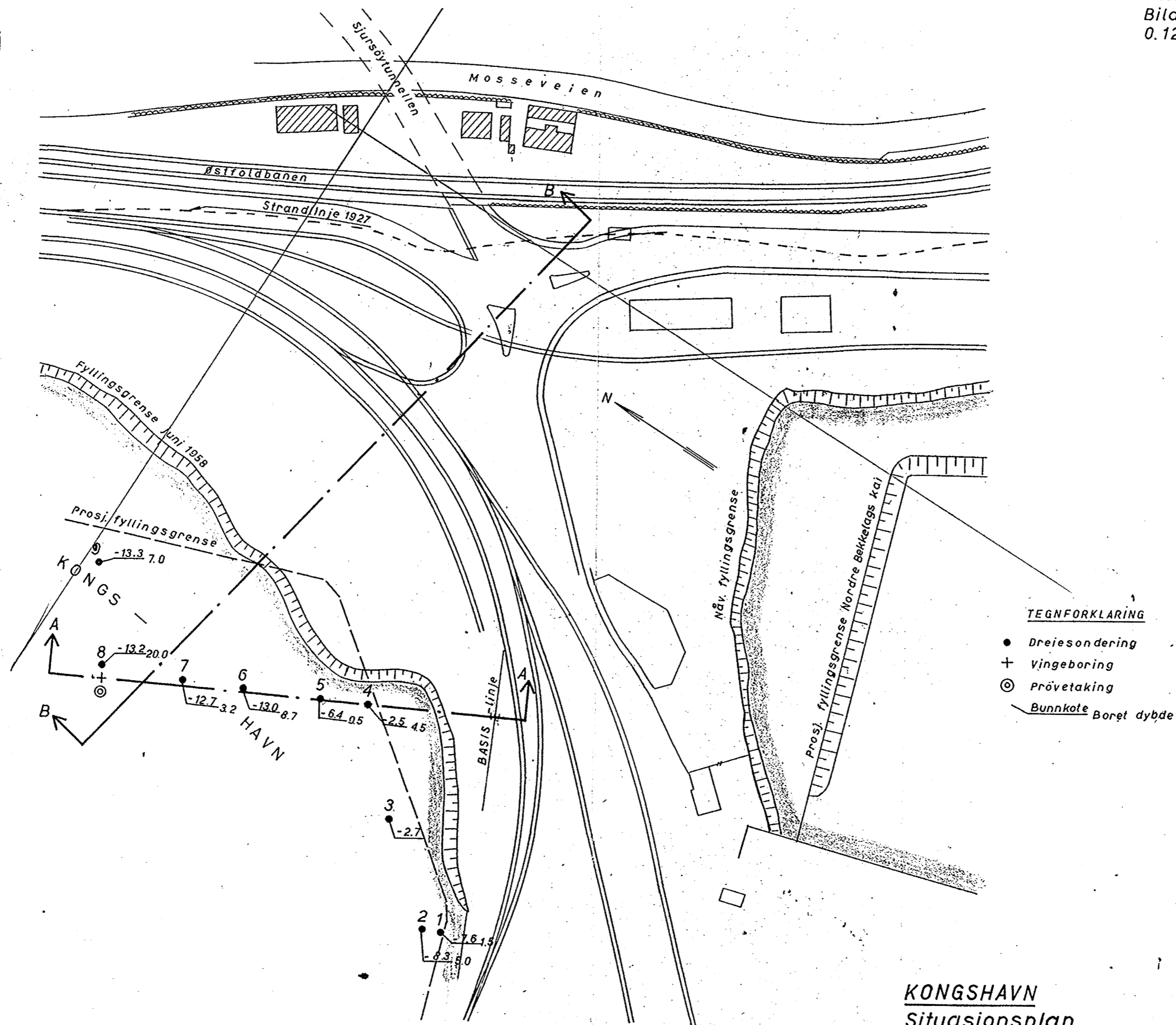
Skjærfasthet	Betegnelse
< 1.25 $\sqrt{m^2}$	Meget bløt
1.25 - 2.5 $\sqrt{m^2}$	Bløt
2.5 - 5 $\sqrt{m^2}$	Middels fast
5 - 10 $\sqrt{m^2}$	Fast
> 10 $\sqrt{m^2}$	Meget fast

SENSITIVITET

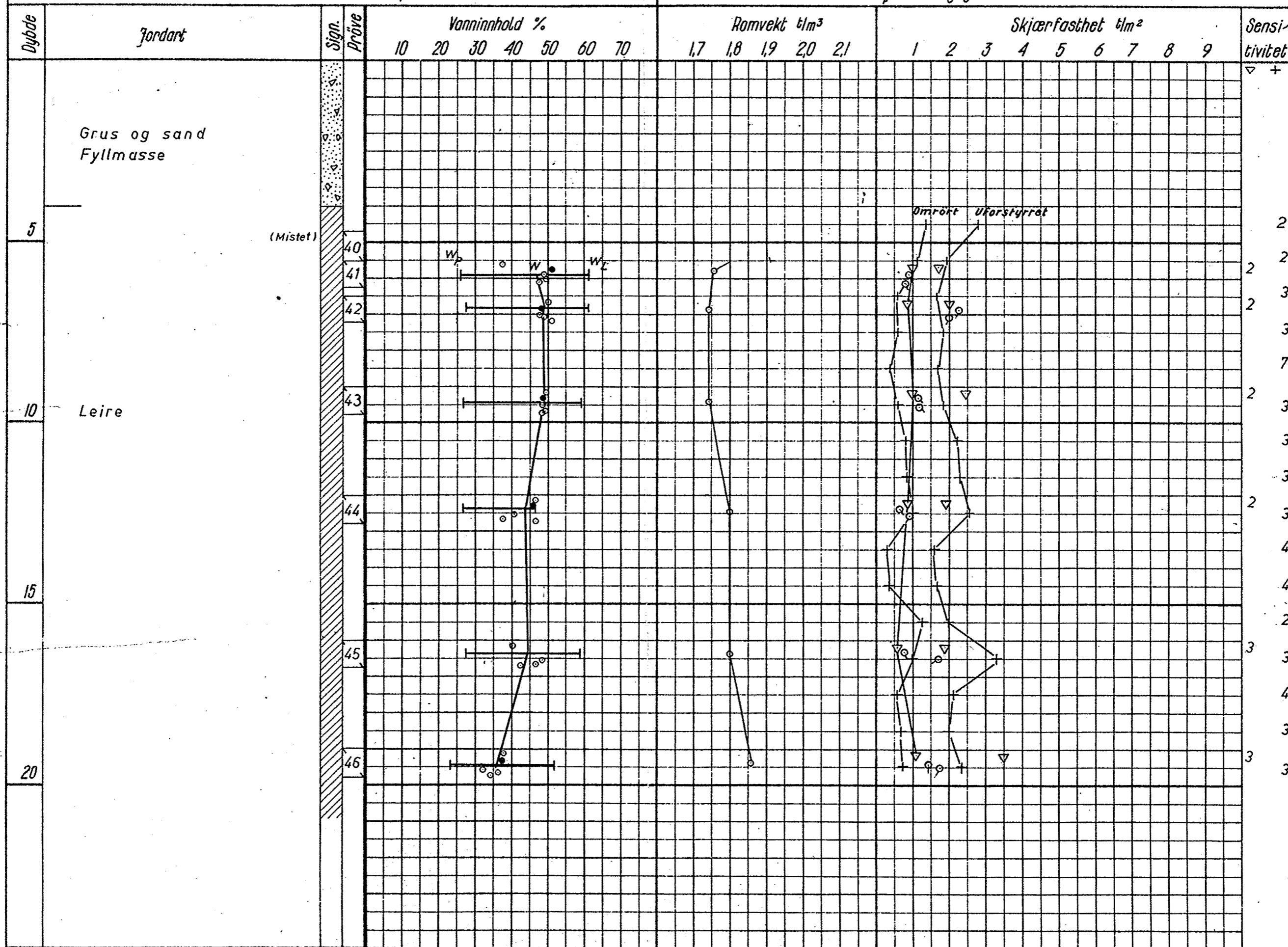
Sensitivitet er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og fullstendig omrørt tilstand

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 "kvikkeleire"



KONGSHAVN
Situasjonsplan
M=1:1000

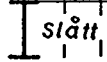


Kote 0 1

-5

Halve om dr. pr. m synkn.

0 100



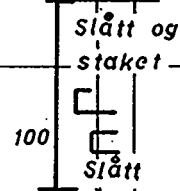
-10

-15

2

Halve om dr. pr. m synkn.

0 100



Kote 0 3

-5

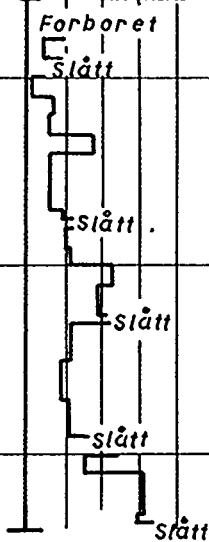
-10

-15

-20

Halve om dr. pr. m synkn.

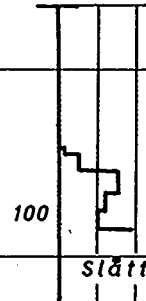
0 100 200



9

Halve om dr. pr. m synk

0 100

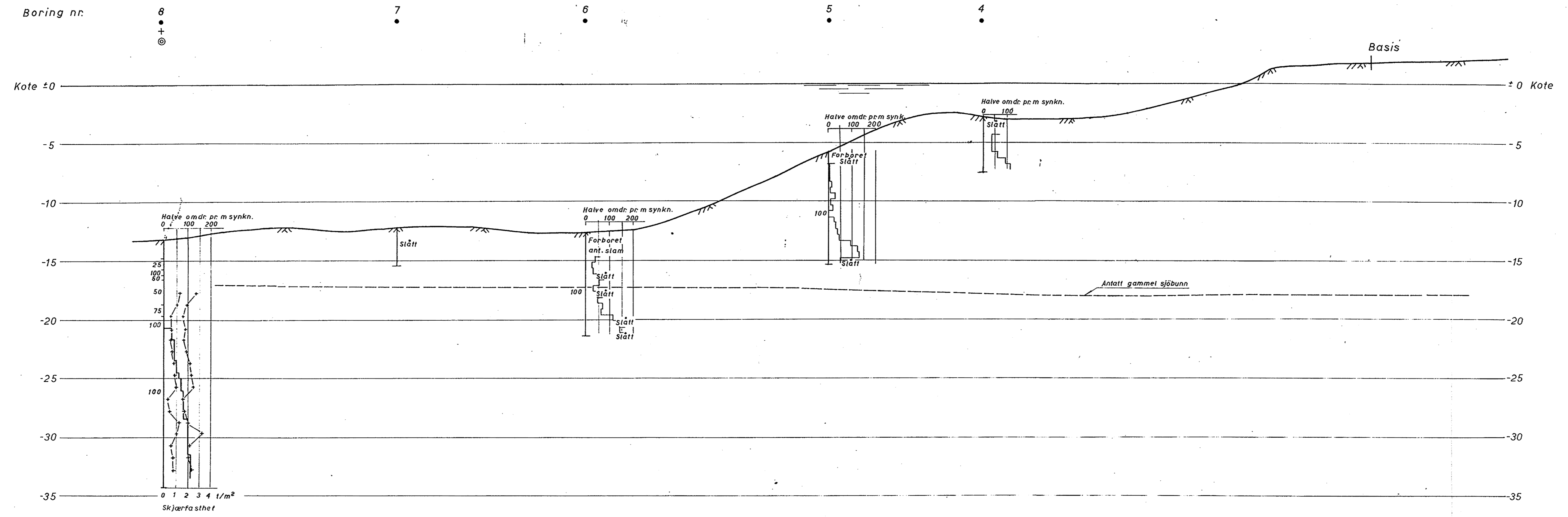


KONGSHAVN

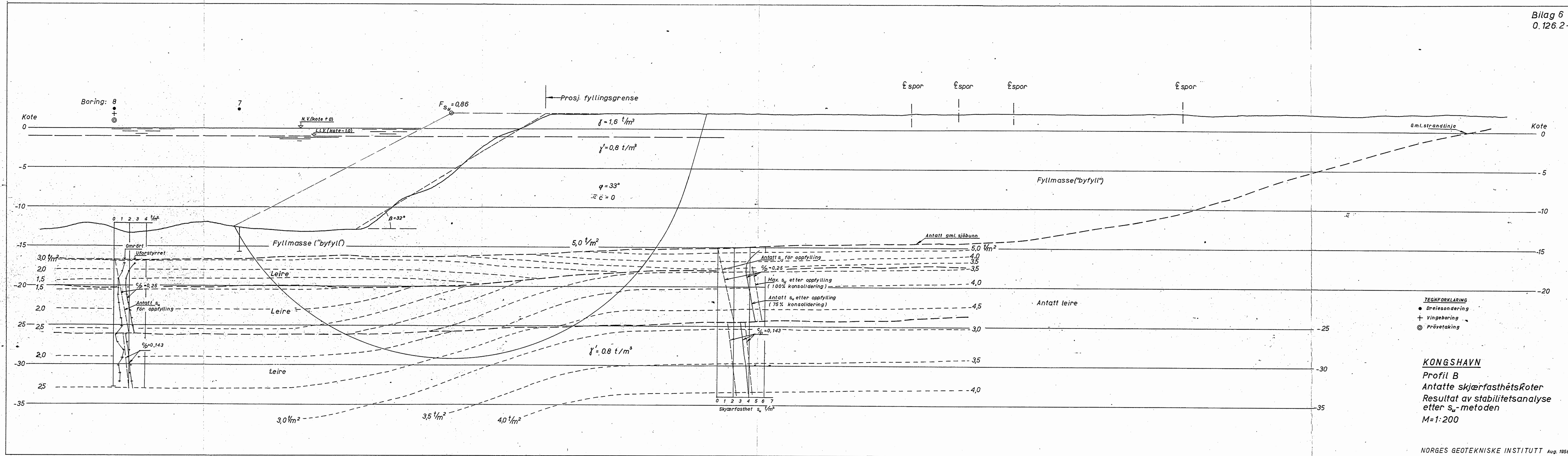
Resultat av dreiesonderinger 1, 2, 3 og 9

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Aug. 1958

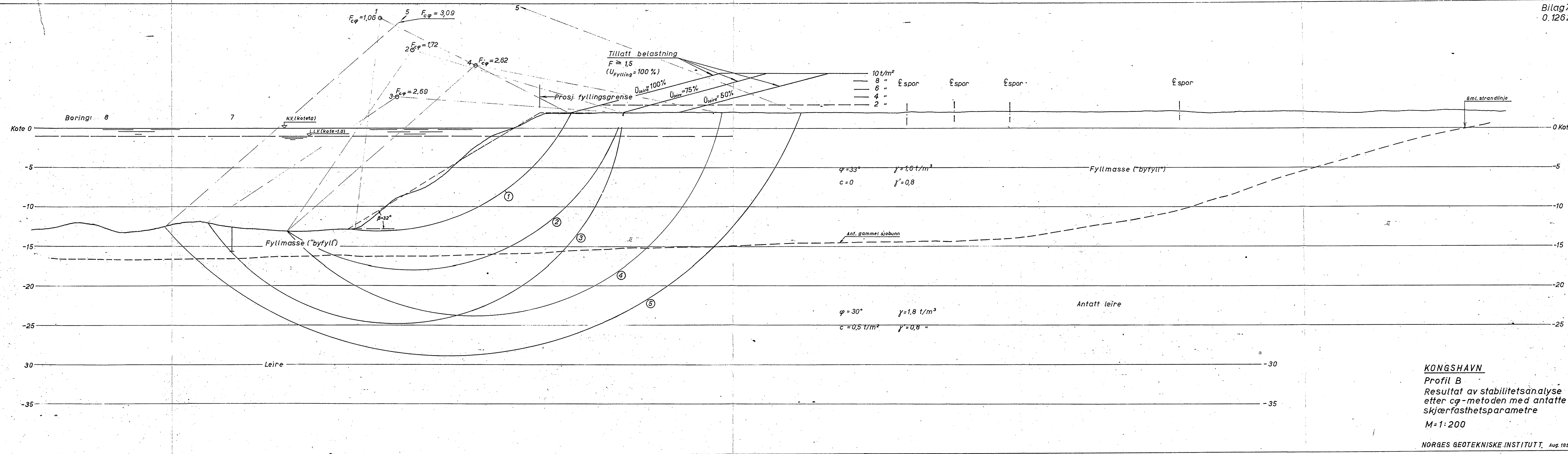


KONGSHAVN.
 Profil A
 M=1:200
 NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
 Aug. -58

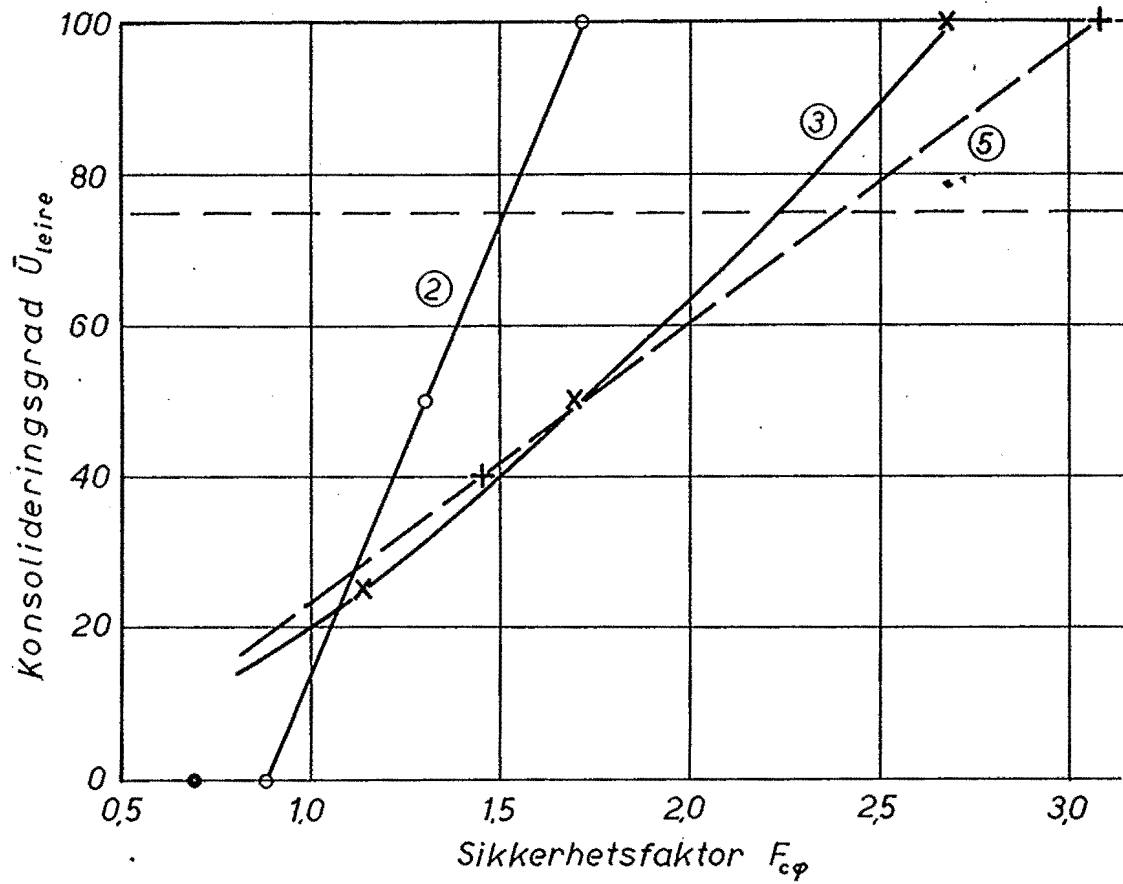


TEGNFORKLARING
 ● Dreiesondering
 + Vingebooring
 ⊙ Prøvetaking

KONGSHAVN
 Profil B
 Antatte skjærfasthetskoter
 Resultat av stabilitetsanalyse
 etter s_u -metoden
 M=1:200



KONGSHAVN
 Profil B
 Resultat av stabilitetsanalyse
 etter $c\phi$ -metoden med antatte
 skjærfasthetsparametre
 M=1:200
 NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT, Aug. 1958



- glideflate ② (sirkulærsylindrisk)
- × " " ③ " "
- + " " ⑤ " "
- Resultat av s_u -analyse

KONGSHAVN

Sikkerhetsfaktoren $F_{c\phi}$ som funksjon av leirens konsolideringsgrad ($U, \%$)

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT