

Norges Geotekniske Institutt

Norwegian Geotechnical Institute



RAPPORT

SJØOMRÅDET LONGYEARBYEN

GRUNNUNDERSØKELSER OG STABILITETS-
VURDERINGER FOR UTFYLLINGSOMRADE
OG NY KAI

Oppdragsgiver: Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S

880011-1

31 JANUAR 1989

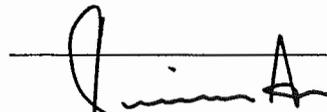
SAMMENDRAG

De utførte grunnundersøkelser har vist at grunnforholdene i Sjøområdet for en stor del består av normalkonsolidert bløt - middels fast leire. Dette innebærer at den planlagte utfylling til kote 3.5 nesten ut til marbakken får utilstrekkelig stabilitet. En mulig løsning er å trekke fyllingskanten ca. 20 m innover, samtidig som det legges en 20 m bred kontrafylling på kote 1.0 utenfor hovedfyllingen.

Under de rådende grunnforhold lar det seg ikke gjøre å anlegge en forankret spuntveggkai med kailinje orientert omtrent langs dagens -6 m bunnkote. Man må således regne med at kaikonstruksjonen med nyttelaster innen en avstand av størrelsesorden 40 m fra kailinjen må fundamenteres på peler til fjell eller fast grunn.

for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT


Odd Gregersen


Gunnar Aas

GAa/RBjH

Postal Address:
P.O.B. 40 Tåsen
N-0801 Oslo 8
Norway

Street Address:
Sognsveien 72
Oslo

Telephone:
National
(02) 23 03 88
International
+ 47 2 23 03 88

Telex:
19787 ngi n

Facsimile:
National
(02) 23 04 48
International
+ 47 2 23 04 48

Postal Giro
Account No.
5 16 06 43

Bankers:
Bergen Bank
Account No.:
5096.05.01281



Opploddinger i sjøen foretatt av Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S (SNSK) viser at sjøbunnen faller av svakt til kote -2 til -3 ved planlagt fyllingsbegrensning, men derfra vesentlig raskere ned til under kote -20.

Ifølge de utførte grunnundersøkelser består løsmassene for en stor del av bløt til middels fast siltig leire med udrenert skjærstyrke mellom 10 og 40 kN/m². Leirmassene inneholder en rekke lag av sand og silt. En overgang til faste masser eller fjell er bare registrert i området vest for kaien og der i nivå kote -10 til -15.

Kombinasjonen av bløt grunn og hellende sjøbunn til stor dybde gjør det meget vanskelig å etablere de planlagte utfyllingsarealer. Med mindre det anlegges avlastningspeler under ytre del av fyllingen, må man således regne med å trekke fyllingsbegrensningen inn ca. 20 m, samtidig som fyllingen avsluttes med en ca. 20 m bred kontrafylling på kote 1.0 foran hovedfyllingen.

Den endelige utforming av fyllingsbegrensningen vil kunne variere noe med sjøbunntopografien innen det undersøkte området og vil dessuten avhenge av tyngden av de tilgjengelige fyllmasser og brukskrav med hensyn til terrengbelastninger.

Det er ikke mulig å bygge en tradisjonell stagforankret spuntveggkai med vandedybde 6 m som antydnet i SNSKs brev av 11 november 1987. Det synes mest nærliggende å utføre kaien som en selv bærende konstruksjon fundamentert på peler til fjell eller fast grunn. For at jordprofilen skal ha tilstrekkelig stabilitet, må bredden av de pelefundamenterte konstruksjoner være av størrelsesorden 40 m.

Vi regner med at det videre prosjekteringsarbeid i forbindelse med kaien må skje ved et samarbeide mellom byggherren, den bygningstekniske konsulent og Norges Geotekniske Institutt (NGI). Herunder kan det være aktuelt å diskutere forskjellige alternative kaikonstruksjoner samt den mest hensiktsmessige plassering av - og brukskrav for kaien.

Leiravsetningen innen det undersøkte området har mange likhetstrekk med leiren ved Kapp Amsterdam i Svea, hvor utførte stabilitetsberegninger basert på resultater av treksialforsøk og direkte skjærforsøk syntes å føre til en korrekt vurdering av cellespункaiens stabilitet. De skjærstyrkeverdier man



målte ved ovennevnte forsøk var noe høyere enn rutinemessig bestemte skjærstyrker av den type som er lagt til grunn for stabilitetsberegningene i denne rapport. Det kan derfor være hensiktsmessig med tanke på en optimal dimensjonering, å basere stabilitetsberegningene for det endelige prosjekt på supplerende undersøkelser som innbefatter mer avanserte forsøk for skjærstyrkebestemmelser.

Setningene på det oppfylte området kan beløpe seg til 0.4 - 0.7 m hvorav halvparten vil være unnagjort i løpet av 2-3 år og 90% etter 20-30 år. Der tykkelsen av bløte leirmasser er bare noen få meter, som f.eks. i området hvor pumpeledningene fra E-verket går ut i sjøen, blir setningene mindre, antagelig maksimalt 0.2 - 0.3 m.



VEDLEGG A - INNHOLDSFORTEGNELSE

Tillegg I - Markundersøkelser - boremetoder

Tillegg II - Laboratorieundersøkelser

Tillegg III - Tegnforklaring og normer for betegnelse av jordarter

MARKUNDERSØKELSER – BOREMETODER

Sonderboringer utføres for å få en første orientering om grunnens lagringsfasthet og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

Vingeboringer utføres for bestemmelse av leirers udrenerte skjærfasthet.

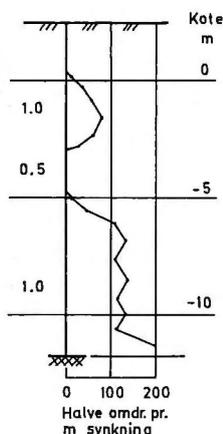
For å få nøyaktigere opplysninger om grunnens geotekniske egenskaper tas det opp prøver.

Dreiesondering ●

Utstyret består av 20 mm borstenger av 1 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter. Nederst ender boret i en pyramideformet skruespiss, lengde 200 mm og største sidekant 25 mm.

Boret belastes trinnvis til 1 kN (100 kg). Hvis boret ikke synker ved 1 kN belastning dreies det ned for hånd eller motor, og antall halve omdreiningar noteres.

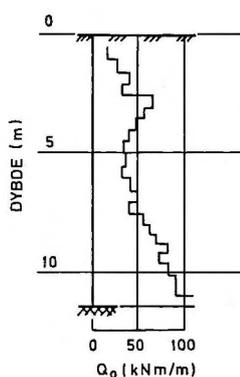
Ved optegning av resultatene er belastningen angitt på venstre side av borhullet, mens diagrammet på høyre side angir antall halve omdreiningar pr. meter synkning av boret.



Ramsondering ▼

Utstyret består av ϕ 32 mm stenger som skrues sammen med glatte skjøter og rammes ned i grunnen ved hjelp av et falllodd. Spissen er glatt ϕ 32 eller utvidet ϕ 41,2 mm.

Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 200 mm synkning.



$$\text{Rammemotstanden } Q_0 = \frac{\text{Vekt av lodd} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}}$$

angis i diagram som funksjon av dybden.

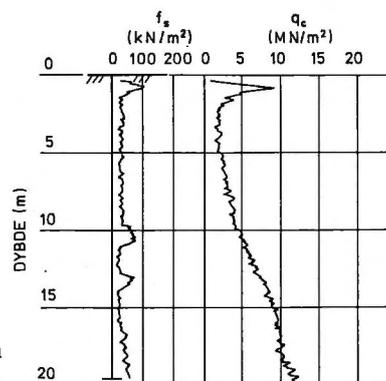
Spyleboring

Utstyret består vanligvis av 19 mm rør som spyles ned ved hjelp av trykkvann. Røret er nederst forsynt med en spiss med tilbakeslagsventil og øverst med en vannsvivel.

Trykksondering ▽

Utstyret består av et rør ϕ 36 mm som presses ned i bakken med jevn hastighet 10–20 mm/s (ca. 1 m/min.). For enden av røret er det en kjegleformet 60° spiss med diameter 35,7 mm (1000 mm^2). Over spissen er det en 150 mm friksjonshylse ϕ 36 mm.

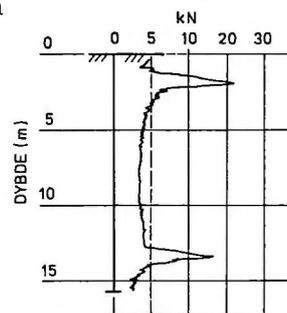
Spissmotstanden q_c og mantelfriksjonen f_s måles ved hjelp av elektriske strekk-lapper og registreres kontinuerlig på en automatisk skriver.



Maskinsondering (Dreie-trykksondering) ▽

Utstyret består av ϕ 33,5 mm rør påsatt en ϕ 40 mm spiss påsveisert en 5 mm høy skrueformet sveiselarve.

Boret drives ned med konstant nedpresningshastighet 3 m/min og med konstant omdreiningshastighet 25 omdr./min. Nedpresningskraften blir målt kontinuerlig ved hjelp av en automatisk skriver.



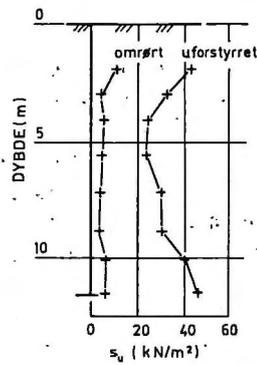
Slagsondering

Utstyret består av ϕ 22 mm stålrør påsatt en 25×25 mm eller ϕ 25 mm 100 mm lang spiss. Boret rammes ned ved hjelp av en bærbar motordrevet støtbormaskin.

For sikrere fjellbestemmelse brukes ofte et trykkluftdrevet fjellbor. Med dette utstyr er det mulig å fortsette boringen et stykke ned i fjell.

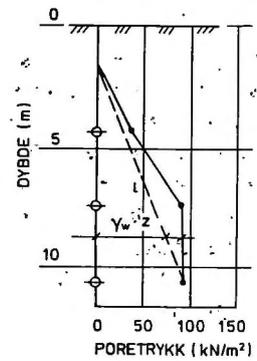
Vingeboring +

Med vingeboret bestemmes leirens udrenerte skjærfasthet (s_u) direkte i marken. I prinsippet består utstyret av et vingekors som presses ned i grunnen og dreies med jevn hastighet inntil brudd skjer langs den omskrevne sylinderflate. Maksimale dreiemoment gir grunnlag for beregning av skjærfastheten. Skjærfastheten bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand.



Poretrykkmålinger \ominus_f

Vanntrykket i forskjellige dybder i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et porøst filter, diameter 32 mm og lengde 300 mm som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av et rør med utvendig diameter 33 mm. Fra filtret fører en plastslange opp til over terreng, og poretrykket måles som vannstand i plastslangen eller med et manometer ved overtrykk.



Prøvetagning \odot

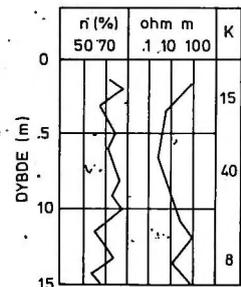
For opptagning av uforstyrrede prøver benyttes vanligvis NGI's stempelprøvetager. Prøven skjæres ut med en tynnvegget stålsylinder, innvendig diameter 54 mm og standard lengde 800 mm.

I spesielle tilfelle brukes NGI's 95 mm prøvetager.

For opptagning av omrørte prøver brukes skovlebor, jordskruer eller sandpumpe og i fast, grus eller morene en ram- eller slagprøvetager.

Korrosjonssondering \oplus

Korrosjonssonden består av et stålrør forsynt med en magnesiumspiss som er isolert fra stålrøret. Fra stålrøret og magnesiumspissen fører isolerte ledninger til målerinstrumentet. Her registreres jordartens to viktigste korrosjonsbestemmende faktorer, den katodiske depolarisasjonen (n %) og den spesifikke elektriske jordmotstand (ohm m). I kolonnen til høyre angis korrosjonshastigheten K i μ m/år. (1 μ m/år tilsvarer 1 mm/1000 år.)



Norges Geotekniske Institutt.

Tillegg til rapporter.

I. Markundersøkelser – boremetoder. Aug. 1979

II. Laboratorieundersøkelser. Aug. 1979

III. Tegnforklaring og normer for betegnelse av jordarter. Aug. 1979

IV. Elementmetoden. En kort utredning. Febr. 1971

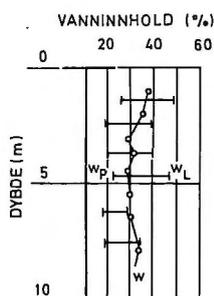
LABORATORIEUNDERSØKELSER

De opptatte jordprøver skyves ut av cylinderen og det gis en beskrivelse av materiale og lagdeling før den blir delt opp for videre undersøkelser.

Romvekt (γ i kN/m^3) er forholdet mellom total tyngde og total volumenhet av prøven i naturlig tilstand.

Vanninnhold (w i %) er angitt som vekt av vann i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110°C .

Flytegrense (w_L i %) og **utrullingsgrense** (w_P i %) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale.

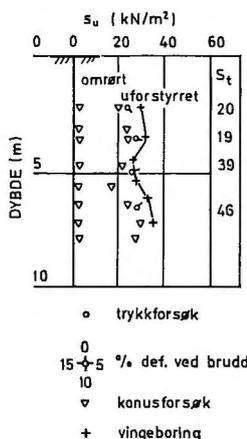


Plastisitetsindeksen (I_P i %) er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen.

Saltinnhold (i g/l) bestemmes ved å presse ut en liten mengde porevann hvori det måles elektrisk ledningsevne. Saltinnholdet angis ekvivalent med g/l natriumklorid som gir samme ledningsevne.

Humusinnhold (O i %) bestemmes ved våtveis oksydasjon med kromsvovelsyre og angis i vektprosent av tørrstoff.

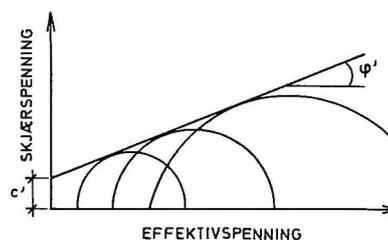
Udrenert skjærfasthet (s_u i kN/m^2) bestemmes i laboratoriet ved enkle trykkforsøk på tilskårne prøver med grunnflate 36×36 mm og høyde 100 mm. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten. Videre bestemmes uforstyrret og omrørt skjærfasthet med konusforsøk. Nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt måles og skjærfastheten tas ut av en tabell.



Sensitiviteten (S_t) er forholdet mellom skjærfastheten av uforstyrret og omrørt materiale, og bestemmes på grunnlag av konusforsøk eller vingeborforsøk.

Friksjonsvinkel (φ') og **kohesjon** (c' i kN/m^2). En stabilitetsberegning kan utføres med effektive spenninger hvis man i tillegg til poretrykkene kjenner jordartens friksjonsvinkel og kohesjon. I laboratoriet bestemmes disse parametre ved triaksialforsøk. En sylindrisk prøve med tverrsnitt 2000 mm^2 og høyde 100 mm omgis med en tynn gummihud og filterstener for endene, og bygges inn i en trykkcelle. Prøven konsoliderer for forskjellige vertikalltrykk og celletrykk. Deretter belastes prøven til brudd normalt enten ved å øke eller redusere vertikalbelastningen (henholdsvis aktivt og passivt forsøk).

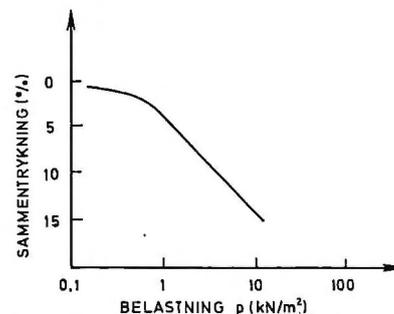
Resultatet av en serie forsøk ved forskjellig konsolideringstrykk fremstilles i Mohr's diagram.



Hydraulisk konduktivitet (**permeabilitet**) (k i m/s) er strømningshastigheten for en hydraulisk gradient lik 1, og angir derfor vannføringen pr. flateenhet for en hydraulisk gradient lik 1. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangs-forsøk. For leire kan permeabiliteten bestemmes på grunnlag av ødometerforsøk.

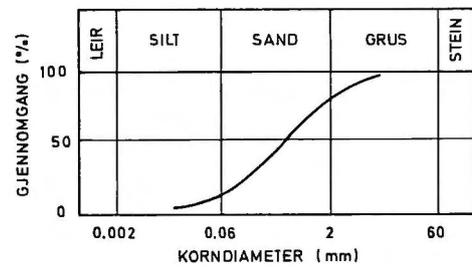
Jordart	k m/s
grus	1
sand	$1 - 10^{-6}$
silt	$10^{-6} - 10^{-9}$
leire	$10^{-9} - 10^{-11}$
Typiske variasjonsområder	

Kompressibiliteten av en jordart bestemmes ved ødometerforsøk. En prøve 20 mm tykk og 50 mm i diameter innsluttes i en stålsylinder og belastes trinnvis idet man for hvert last-trinn bestemmer sammentrykningen av prøven som funksjon av tiden.



Forsøksresultatene gir grunnlag for beregning av konsolideringssetningenes størrelse og tidsforløp.

Kornfordelingsanalyse utføres ved sikting for sand og grus. For finere fraksjoner benyttes «fallende dråpe»-metoden som er en sedimentasjonsanalyse basert på Stokes lov.



Norges Geotekniske Institutt.

Tillegg til rapporter.

- I. Markundersøkelser – boremetoder. Aug. 1979
- II. Laboratorieundersøkelser. Aug. 1979
- III. Tegnforklaring og normer for betegnelse av jordarter. Aug. 1979
- IV. Elementmetoden. En kort utredning. Febr. 1971

Tegnforklaring og normer for betegnelse av jordarter

Kornfraksjoner		Jordarter	
Kornstørrelse i mm	Betegnelse av fraksjonen	Signatur	Betegnelse
>600	Blokk		Grus
600-60	Stein		
60-20	Grovgrus		Sand
20-6	Mellomgrus		
6-2	Fingrus		
2-0,6	Grovsand		Silt
0,6-0,2	Mellomsand		
0,2-0,06	Finsand		
0,06-0,002	Silt		Leire
<0,002	Leir		

En *jordart* inneholder en eller flere kornfraksjoner og betegnes etter den fraksjon som har størst innflytelse på dens egenskaper. En spesiell jordartsbetegnelse er *morene* som benyttes for en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Skjærfasthet

Skjærfasthet i kN/m ²	Betegnelse av skjærfasthet	Betegnelse av leire
<12,5	Meget lav	Meget bløt
12,5-25	Lav	Bløt
25-50	Middels høy	Middels fast
50-100	Høy	Fast
>100	Meget høy	Meget fast

Sensitivitet

Sensitivitet	Betegnelse av sensitivitet	Betegnelse av leiren
<8	Lav	Lite sensitiv
8-30	Middels høy	Middels sensitiv
>30	Høy	Meget sensitiv

Med *kvikkleire* forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, dvs. omrørt skjærfasthet <0,5 kN/m² (60 g/60° konus gir inntrykk >20 mm).

Norges Geotekniske Institutt.

Tillegg til rapporter.

I. Markundersøkelser - boremetoder. Aug. 1979

II. Laboratorieundersøkelser. Aug. 1979

III. Tegnforklaring og normer for betegnelse av jordarter. Aug. 1979

IV. Elementmetoden. En kort utredning. Febr. 1971



VEDLEGG B - INNHOLDSFORTEGNELSE

OPPDRAG	s. B2
GRUNNUNDERSØKELSER	s. B2
BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE	s. B3
ANTAGELSE AV SKJÆRSTYRKE	s. B3
STABILITET AV FYLLINGSOMRADET	s. B4
STABILITET AV KAIOMRADET	s. B5
SETNINGER	s. B6

Fortegnelse over figurer:

Fig. 001	Borprofil, hull 102
" 002	Borprofil, hull 8
" 003	Borprofil, hull 115
" 004	Borprofil, hull 125
" 005	Antagelse av dimensjonerende skjærstyrke ut fra måledata
" 006	Profil I og II med boringsresultater
" 007	Profil III og IV med boringsresultater
" 008	Profil V og VI med boringsresultater
" 009	Profil VII med boringsresultater
" 010	Profil VIII med boringsresultater
" 011	Profil IX med boringsresultater
" 012	Profil X med boringsresultater
" 013	Profil XI med boringsresultater
" 014	Stabilitetsberegninger for planlagt fyllingsområde
" 015	Stabilitetsberegninger for redusert fyllingsområde
" 016	Stabilitetsberegninger for kaiområdet
" 017	Situasjonsplan



OPPDRAK

Etter oppdrag i brev av 25 mars 1988 fra Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S har NGI utført grunnundersøkelser og vurdert stabilitetsforholdene i forbindelse med en planlagt utbygging i Sjøområdet. Prosjektet innbefatter oppfylling av betydelige sjøområder for næringsvirksomhet samt bygging av en ca. 100 m lang kai. Planlagt fyllingsbegrensning og plassering av kai ifølge tegn. OD-1757-8 fra Sivilingeniør Bjarne Instanes A/S er vist på fig. 017.

I brev av 21 oktober 1988 fra SNSK er gitt en del opplysninger om belastninger på kai og bakenforliggende områder. Videre var vedlagt dybdekart for sjøområdet utarbeidet på grunnlag av opploddinger våren 1988.

Brev av 31 oktober 1988 fra SNSK gir opplysninger om beliggenheten av 4 vannledninger som går fra energiverkets pumpehus og uti sjøen utenfor fyllingsområdet (fig. 017).

GRUNNUNDERSØKELSER

Markarbeidet ble utført i perioden 14 april - 4 mai 1988 under ledelse av borformann H. Bryøen og etter et program som beskrevet i NGIs brev av 21 januar 1988 til SNSK.

Det er utført i alt 29 dreiesonderinger til dybder varierende mellom ca. 2 m og 28 m og tatt opp 3 serier uforstyrrede jordprøver. Beliggenheten av boringene (101 - 129) er vist på situasjonsplanen, fig. 017. Resultatene av dreiesonderingene er opptegnet på profilene I-I til XI-XI i fig. 006-013.

NGI utførte i 1984 4 dreiesonderinger og tok opp en serie uforstyrrede jordprøver i området like vest for "Gamlekaia". Beliggenheten av disse boringer (nr. 3, 4, 7 og 8) er vist på fig. 017, og resultatene er tatt med i denne rapport.

En beskrivelse av anvendt boreteknikk er gitt i Tillegg I, Vedlegg A.

De opptatte jordprøver er undersøkt på NGIs laboratorium etter et standard program som beskrevet i Tillegg II, Vedlegg A. Resultatene fremgår av boringprofilene, fig. 001 - 004. Målte skjærstyrkeverdier er også inntegnet sammen med sonderingsresultatene på fig. 006 - 013.



Regler for benevning og klassifisering av jordarter fremgår av
Tillegg III, Vedlegg A.

BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE

Det undersøkte området består av et slakt hellende område med vanddybder på 0-3 m og en utenforliggende brattere skråning som går ned til under kote -20. Skråningen har en gjennomsnittlig helning på mellom 1:4 og 1:3, men står på lokale partier så bratt som 1:2.

Løsavsetningene består i hovedsak av siltig leire med plastisitet varierende fra 5 til 20% og naturlig vanninnhold mellom 25 og 35%. Leiravsetningen er utpreget inhomogen og inneholder en rekke lag med varierende innhold av sand og grus.

Innen området vest for kaien (profil I-V) har sonderboringene stoppet opp mot faste morenemasser eller fjell. Denne overgangen til fast grunn ligger på kote -10 til -15 under planlagt fyllingsbegrensning og stiger mot land.

Østover fra kaien er det sonderboret ned til kote -25 til -30 uten at noe spesielt fast lag er påtruffet.

Leirens udrenerte skjærstyrke målt ved konusforsøk og enaksiale trykkforsøk varierer svært mye, mellom 20 og 100 kN/m² på de første meterne under sjøbunnen. Under et nivå som varierer mellom kote -4 og -7 er leiren bløt - middels fast med udrenert skjærstyrke mellom 10 og 40 kN/m².

ANTAGELSE AV SKJÆRSTYRKE

På fig. 005 er foretatt en sammenstilling av laboratorieresultater for alle de 4 prøveserier som er tatt i sjøområdet. Under ca. kote -5 har man det forhold at leirens vanninnhold avtar jevnt og at skjærstyrken øker jevnt med dybden. Dette er karakteristiske trekk ved en normalkonsolidert leiravsetning.

Skjærstyrkeøkningen med dybden tilsvarer et forhold mellom skjærstyrke og effektivt overlagingstrykk på ca. 0.2. Erfaringsmessig tilsvarer denne verdi at målt skjærstyrke er omtrent relevant for den udrenerte markstyrke som kan



mobiliseres langs et horisontalt orientert bruddplan. For en hellende glideflate vil virkelig skjærstyrke være større enn målt verdi, mens forholdet er det omvendte for en stigende glideflate. For et parti av en sirkulær glideflate med endepartiene i samme nivå, vil relevant gjennomsnittlig skjærstyrke være den samme som for en horisontal flate i sirkelbuens midlere dybde.

På fig. 005 er vist hvordan man som basis for stabilitetsberegninger har antatt variasjonen med dybden av 2 skjærstyrkeverdier, S_{uM} og S_{uA} . Her gjelder S_{uM} for et symmetrisk parti av en sirkulær glideflate som omtalt ovenfor, mens S_{uA} gjelder for den resterende del av glidesirkelen med helning på omkring 45 grader.

Det skal bemerkes at leiravsetningen, hva geotekniske egenskaper angår, har mange likhetstrekk med leiren ved Kapp Amsterdam i Svea (A/S Geoteam's rapport 3183.09 av 20.12.85). Her kom man ved hjelp av treaksialforsøk og direkte skjærforsøk fram til en skjærstyrke som både var noe høyere enn den rutinemessig bestemte udrenerte skjærstyrke, og som syntes å føre til en korrekt bedømmelse av cellespункtens stabilitetsforhold. Det er derfor mulig at de skjærstyrkeantagelser som er gjort i denne rapport er litt forsiktige, og at supplerende undersøkelser som innbefatter mer avanserte laboratorieforsøk, kunne føre til en noe mer optimistisk vurdering av stabilitetsforholdene.

STABILITET AV FYLLINGSOMRADET

Det er utført stabilitetsberegninger basert på en oppfylling til kote +3.5 ut til en linje som vist på situasjonsplanen, fig. 017. I første omgang er antatt at såvel fyllmassene som den naturlige grunn har en gjennomsnittlig tyngdetetthet på 20 kN/m^3 . Laveste vannstand i sjøen er forutsatt på kote -1.5.

Som vist på fig. 014 varierer sjøbunntotene noe langs fyllingsområdet. Ved stabilitetsberegningene er det regnet med ugunstigst mulige forhold, det vil si dypest beliggende sjøbunn. Det er videre regnet med alternative dimensjonerende terrengbelastninger på fyllingen, henholdsvis 0, 16 og 32 kN/m^2 (nominelle belastninger 0, 10 og 20 kN/m^2).



Man ser av fig. 014 at beregningsmessig sikkerhetsfaktor (materialkoeffisient) avtar fra 0.92 for $q_d = 0$ til 0.77 for $q_d = 32 \text{ kN/m}^2$. Da en verdi på 1.0 akkurat betinger labil tilstand, betyr dette helt utilstrekkelig sikkerhet.

Med en kontrafylling til kote +1.0 i 15 m bredde foran hovedfyllingen øker beregningsmessig sikkerhet til 1.08 for $q_d = 0$ og 0.87 for $q_d = 32 \text{ kN/m}^2$. Selv om beregningene er basert på noe forsiktige antagelser om bunntopografi og skjærstyrke i leire, og det muligens kan skaffes fyllmasser som er noe lettere enn 20 kN/m^3 , kan man ikke regne med å komme opp i en akseptabel sikkerhet på ca. 1.3 for den planlagte utfylling med en rimelig bruksbelastning.

Fig. 015 viser tilsvarende stabilitetsberegninger for et tilfelle hvor man har forskjøvet fyllingskanten 20 m mot land, og samtidig lagt en kontrafylling på kote +1.0 i 20 m bredde foran hovedfyllingen. Beregningsmessig sikkerhet avtar her fra 1.34 for $q_d = 0$ til 1.06 for $q_d = 32 \text{ kN/m}^2$.

Ved å utføre kontrafyllingen litt høyere og/eller litt bredere kan man oppnå en tilstrekkelig sikkerhet for nyttelaster av den størrelse som er angitt over. Alternativt kan sikkerheten økes ved anvendelse av lettere fyllmasser. Det er mulig at man innen de områder hvor sjøbunntopografien er gunstigst, kan klare seg med en noe mindre forskyvning av fyllingsbegrensningen enn 20 m. Detaljprosjekteringen av fyllingsavslutningen kan imidlertid først gjøres når man har nærmere oversikt over forhold som f.eks. terrengbelastninger og aktuelle fyllmasser.

STABILITET AV KAIOMRADET

I henhold til spesifikasjoner gitt av SNSK har vi regnet med at kailinjen velges slik at man får en vanndybde på 6.0 m uten mudring.

Det er under de rådende grunnforhold ikke mulig å bygge en massivkai, f.eks. bestående av en bakfylt stagforankret stålpuntvegg. Vi kan således ikke se noen annen mulighet enn å anlegge en selvbærende kaikonstruksjon på peler til fast morene eller fjell. Bredden på kaikonstruksjonen vil være bestemt av at jordprofilet under kaien skal ha tilstrekkelig stabilitet.



Fig. 016 viser resultatene av stabilitetsberegninger for kaiprofilet. Som man ser er beregningsmessig sikkerhet, selv ved en så stor kaibredde som 37 m, bare 1.20 for terrengbelastning 0 bak kaien og 1.04 for $q_d = 32 \text{ kN/m}^2$. Dette indikerer at bredden av det området hvor vertikallastene føres på peler til fast grunn kanskje må være over 40 m.

En nærmere vurdering av kaiprofil og kaikonstruksjoner må gjøres i samarbeid med byggherre og bygningsteknisk konsulent under hensyntagen til aktuelle fyllmasser og brukskrav til kaien og det nærmest innenforliggende areal.

SETNINGER

Det er ikke utført spesielle ødometerforsøk som grunnlag for å beregne setningene av det planlagte utfyllingsområdet. Slike setninger vil først og fremst være et resultat av konsolideringssetninger i leiravsetningen under fyllingen, men vil også delvis skyldes egensetninger av fyllmassene.

På grunnlag av de målte vanninnhold er det rimelig å anta et modultall for leiren i Sjøområdet lik $m = 25$. Derved kommer man beregningsmessig til en total setning av størrelsesorden 0.4 - 0.7 m der leiravsetningens tykkelse overstiger 10 m.

Antagelig vil halvparten av disse setninger være unnagjort i løpet av 2-3 år og 90% etter 20-30 år.

Som det fremgår av profil IV (fig. 007), synes tykkelsen av bløte masser å være relativt beskjeden akkurat i det området hvor pumpeledningene fra energiverket går ut i sjøen. Antagelig vil derfor setningene i dette området bli vesentlig mindre enn angitt over, kanskje 0.2-0.3 m.

Dybde, m	Jordart	Symbol	Prøve	Vanninnhold w, %				Tynghet- tetthet γ_s , kN/m ³	Skjærstyrke s_u , kPa					Sensi- tivitet S_r	
				10	20	30	40		20	40	60	80	100		
5	LEIRE, siltig		1					19,28							1
	SILT, leirig		2					19,43							2
			3												
	GRUS, sandig		4					20,67							2
			5												
10															

SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN

Dato
89-01-06

Tegner

BORPROFIL

+ vingebooring
○ trykkforsøk
▽ konus

Hull 102
Terr. kote -3,2
Prøve ø 54mm

Godkjent
GA

Kontrollert
GA

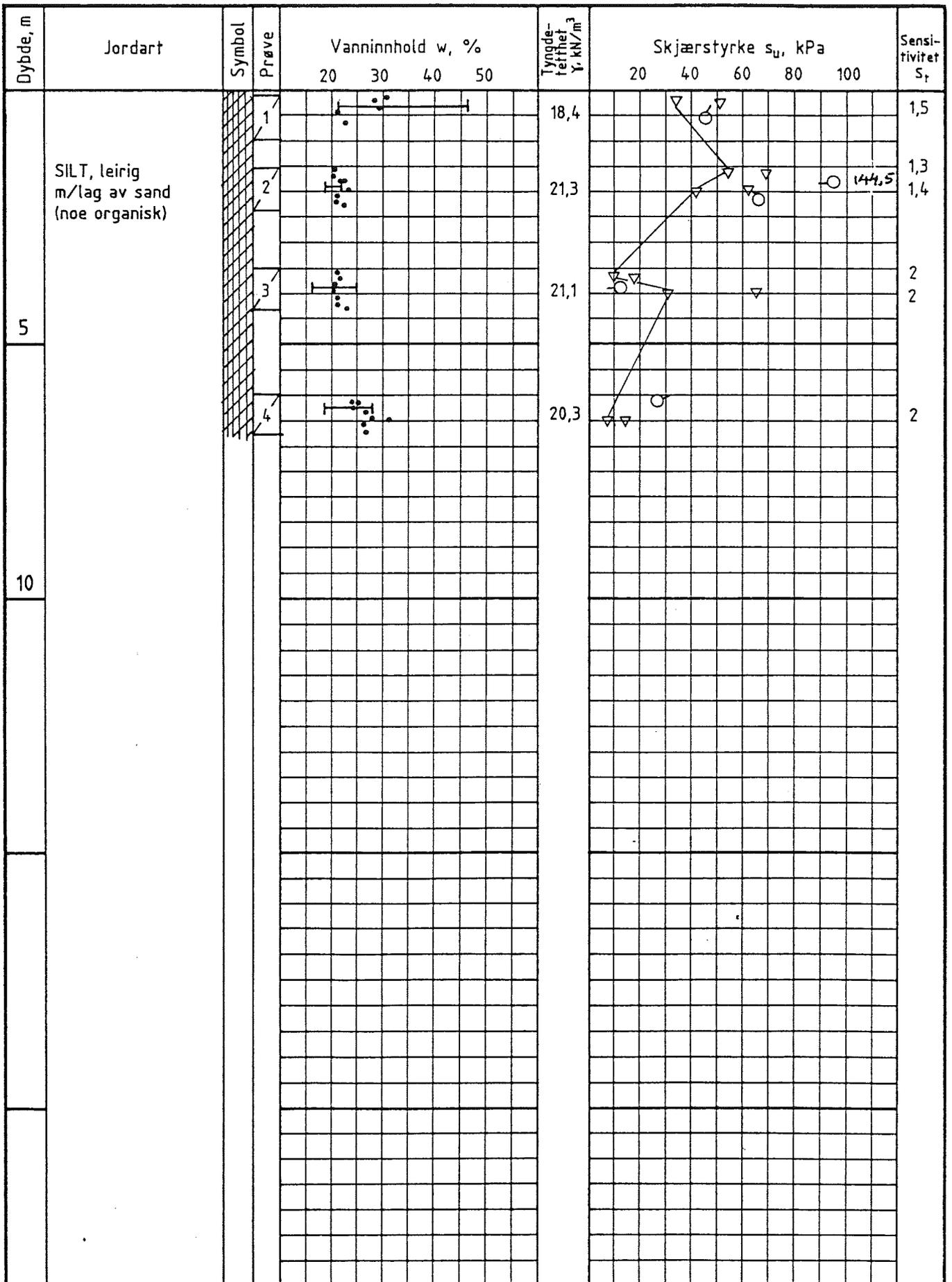
Rapport
nr. 880011-1

w_L, w_p = flyte- og utrullingsgrense

Norges Geotekniske Institutt

Figur
nr. 001

2



SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN

Dato
89-01-25

Tegner
[Signature]

BORPROFIL

+ vingebooring
○ trykkforsøk
▽ konus

Hull. 8
Terr. kote . . . -2,8
Prøve ϕ . . . 54 mm

Godkjent
CAa

Kontrollert
CAa

w_L , w_p = flyte- og utrullingsgrense

Rapport
nr.

880011-1

Norges Geotekniske Institutt



Figur
nr.

002

Dybde, m	Jordart	Symbol	Prøve	Vanninnhold w, %				Tynnde- tetthet γ_s , kN/m ³	Skjærstyrke s_u , kPa		Sensi- tivitet S_r
				10	20	30	40		100	200	
	LEIRE, siltig sandlag		1	[graphical data]				19,74	[graphical data]		2 1,1
			2	[graphical data]				20,62	[graphical data]		3
5	SILT, leirig, sandig		3	[graphical data]				19,19	[graphical data]		1,2
			4	[graphical data]				18,61	[graphical data]		7
10	SILT sandig leirig		5	[graphical data]				19,20	[graphical data]		3
			6	[graphical data]				19,27	[graphical data]		3
15											

SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN

Dato
89-01-06

Tegner

BORPROFIL

+ vingeboresing
○ trykkforsøk
▽ konus

Hull. 125
Terr. kote. -1,4
Prøve ϕ 54mm

Godkjent
GA

Kontrollert
CA

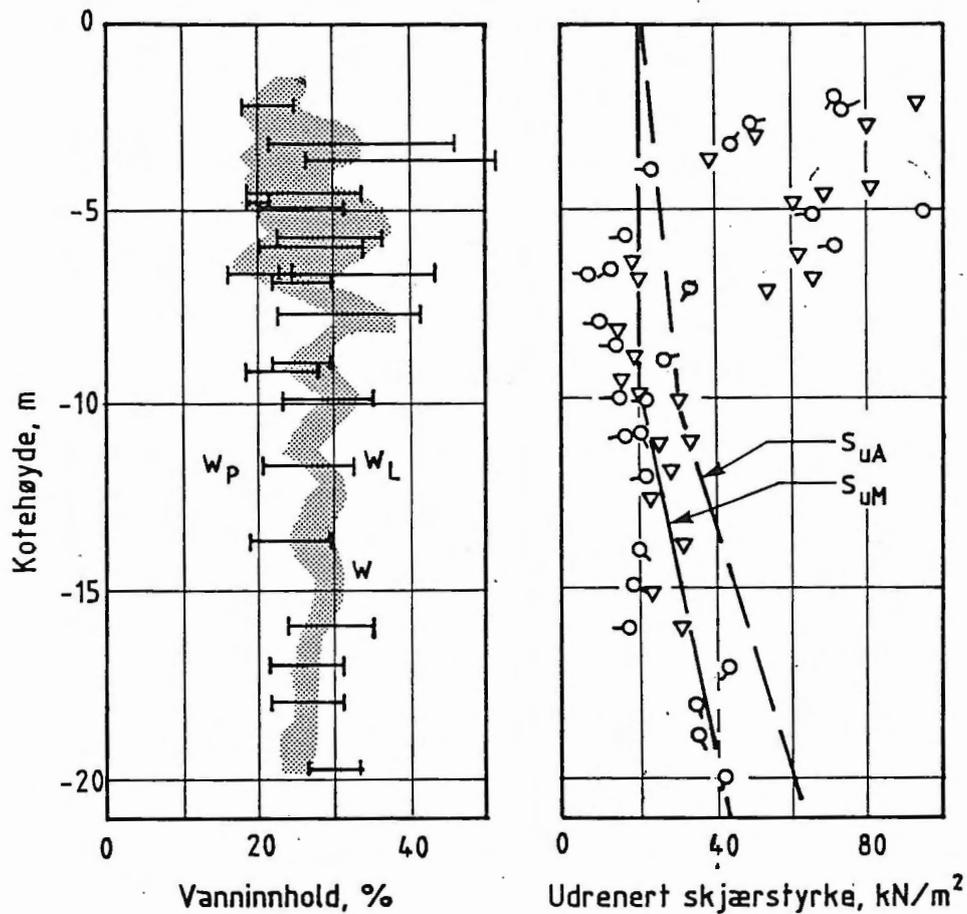
w_L, w_p = flyte- og utrullingsgrense

Rapport nr. 880011-1

Norges Geotekniske Institutt

Figur nr. 004

Skj. 007. Gr. 86-04. 1000. Tærkopi.



w = naturlig vanninnhold

w_p = utrullingsgrense

w_L = flytegrense

▽ konusforsøk

○ trykkforsøk

0
15 ○ 5 brudd-deformasjon, %
10

s_{uA} = udrenert skjærstyrke i aktiv sone

s_{uM} = midlere udrenert skjærstyrke langs glideflate med midlere helning = 0

SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN

Rapport nr.
880011-1

Figur nr.
005

Antagelse av dimensjonerende skjærstyrke
ut fra måledata

Tegner

Dato
89-01-06

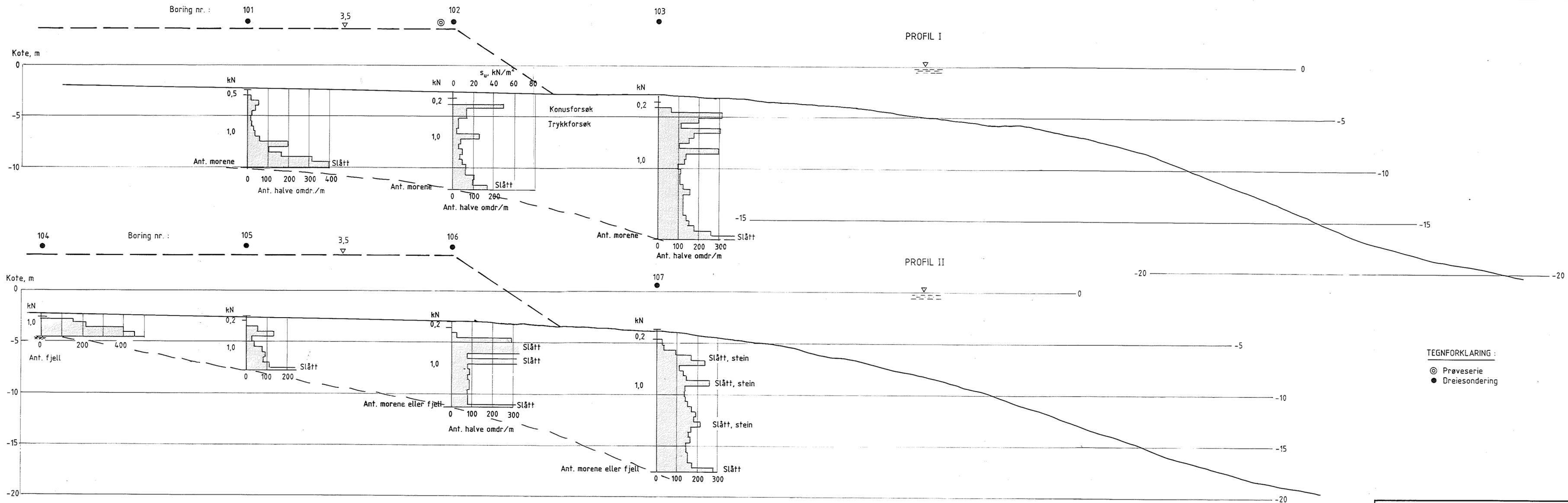
Kontrollert

GA

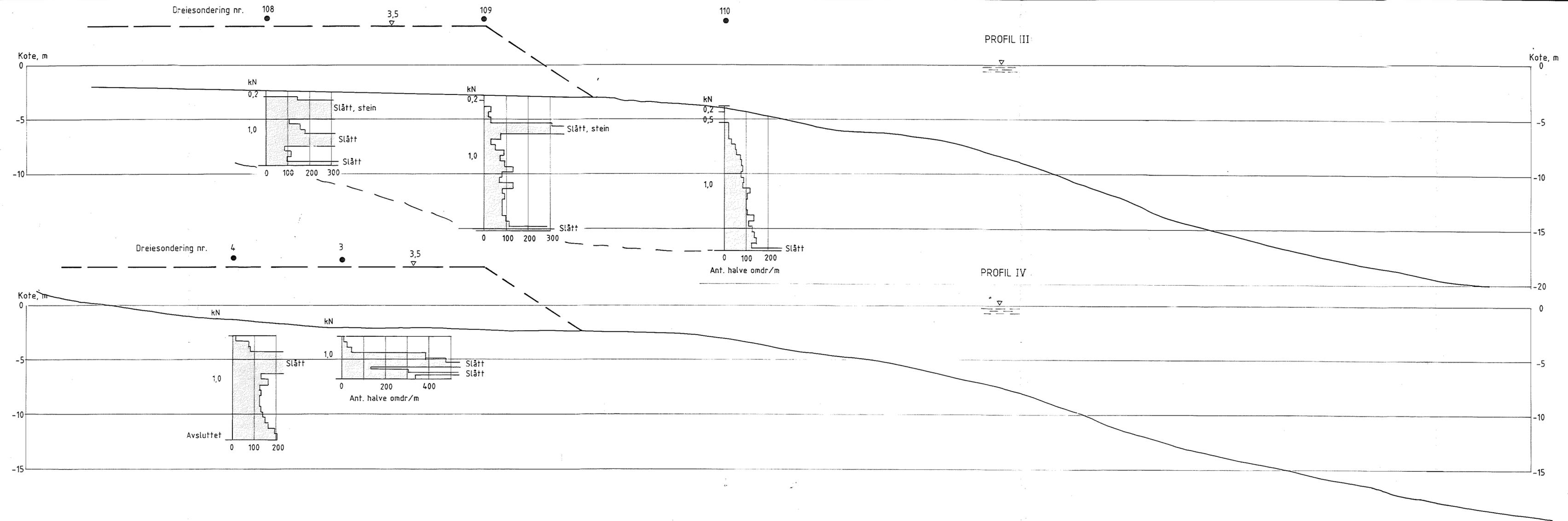
Godkjent

GA

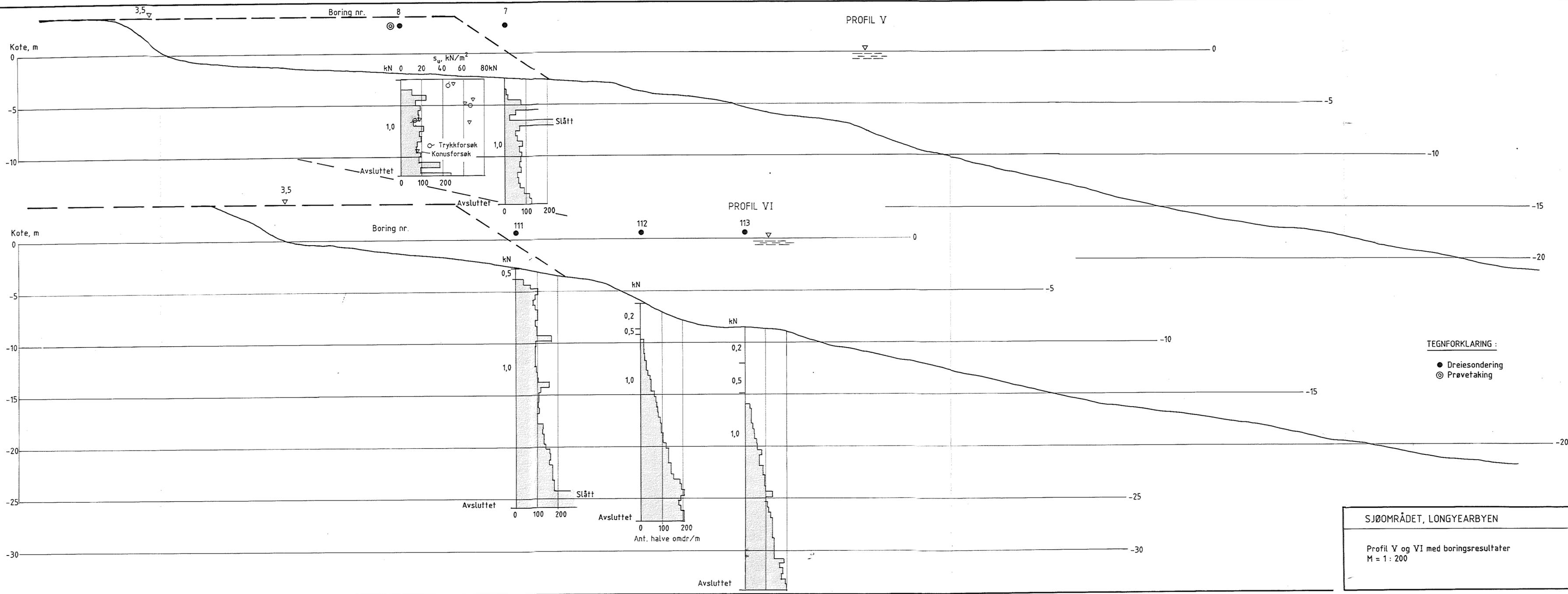




SJØOMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1
Profil I og II med boringsresultater M = 1 : 200		Tegner Kontrollert Godkjent



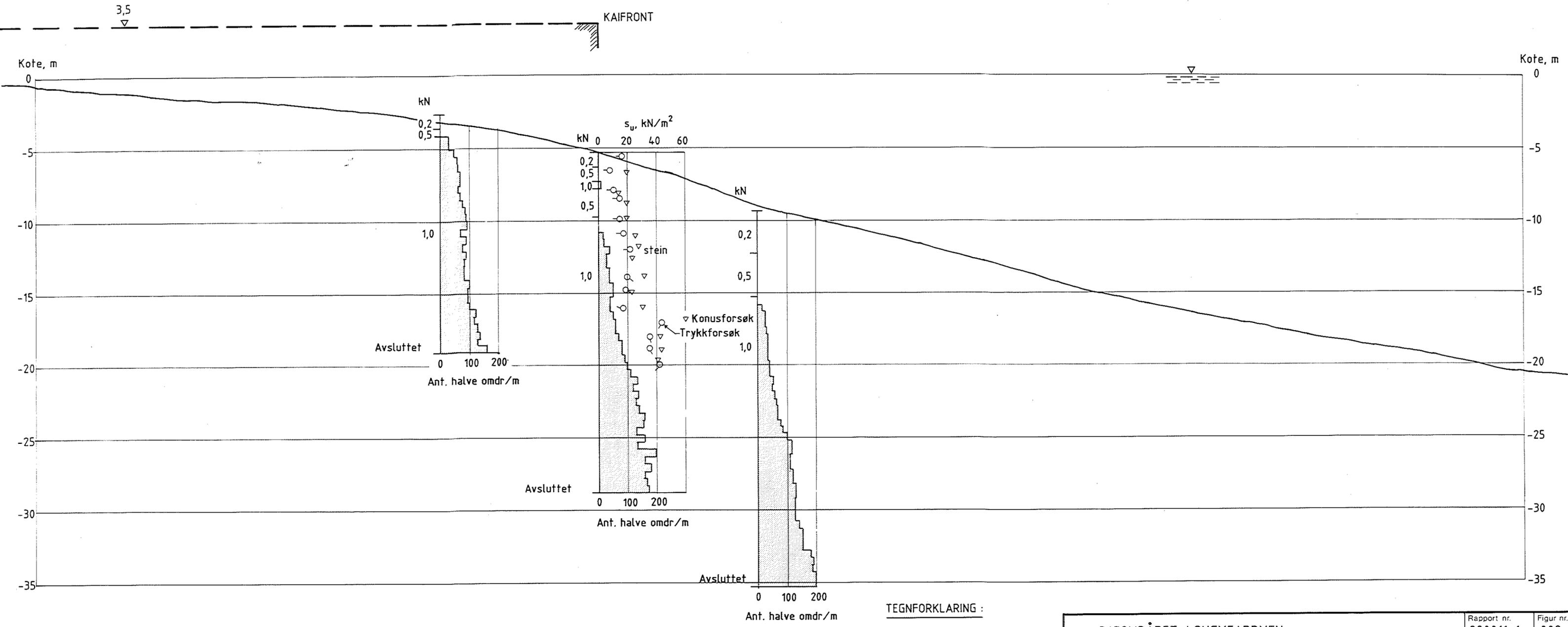
SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Fig 01
Profil III og IV med boringsresultater M = 1 : 200		Tegner <i>[Signature]</i>	Da 89
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	



SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN	Rapport nr. 880011-1
Profil V og VI med boringsresultater M = 1 : 200	Tegner Kontrollert Godkjent

Boring nr. : 114 115 116

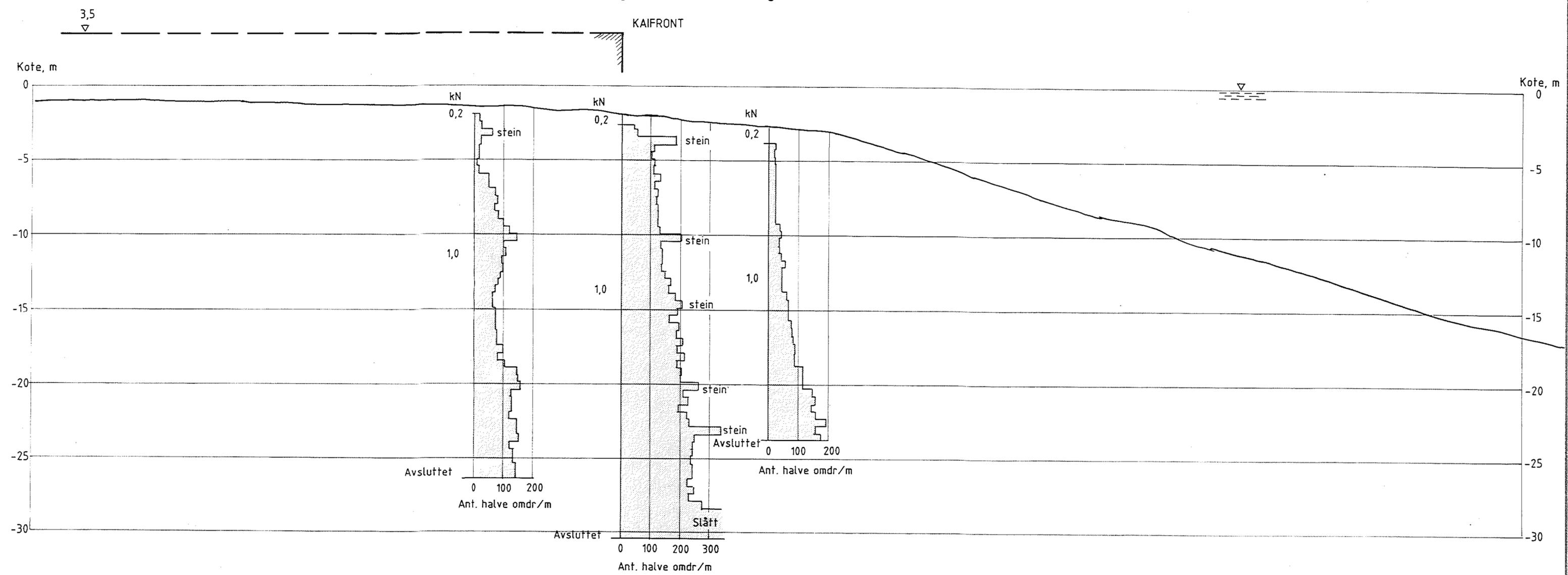
KAIFRONT



TEGNFORKLARING :
 ● Dreiesondering
 ⊙ Prøvetaking

SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Figur nr. 009
Profil VII med boringsresultater M = 1 : 200		Tegner <i>E</i>	Dato 89-01-20
		Kontrollert <i>GA</i>	
		Godkjent <i>GA</i>	

Dreiesondering nr. : 117 118 119



SJØOMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Figur nr. 010
Profil VIII med boringsresultater M = 1 : 200		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 89-01-20
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	 NGI
		Godkjent <i>[Signature]</i>	

Dreiesondering nr. : 120

121

122

3,5

Kote, m

0

-5

-10

-15

-20

-25

Kote, m

0

-5

-10

-15

-20

-25

kN

stein

stein

stein

1,0

Avsluttet

Ant. halve omdr/m

kN

0,2

1,0

Avsluttet

0 100 200

Ant. halve omdr/m

kN

0,2

1,0

Avsluttet

0 100 200

Ant. halve omdr/m

SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN

Rapport nr.
880011-1

Figur nr.
011

Tegner
[Signature]

Dato
89-01-20

Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]



Profil IX med boringsresultater
M = 1 : 200

123

Boring nr. :

124

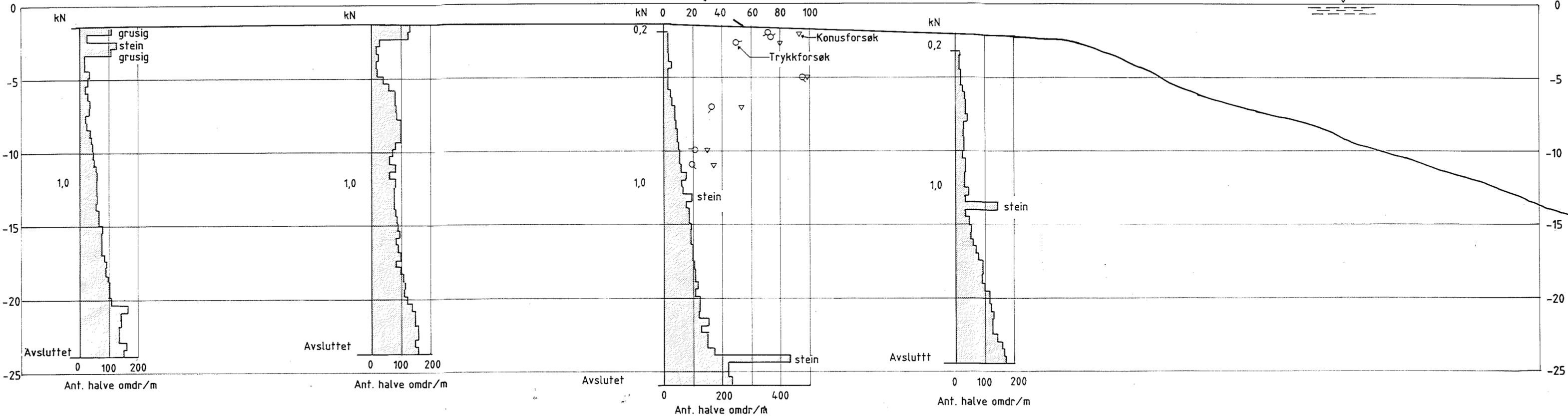
125

126

3,5

Kote, m

Kote, m



TEGNFORLARING :

- Dreiesondering
- ⊙ Prøveserie

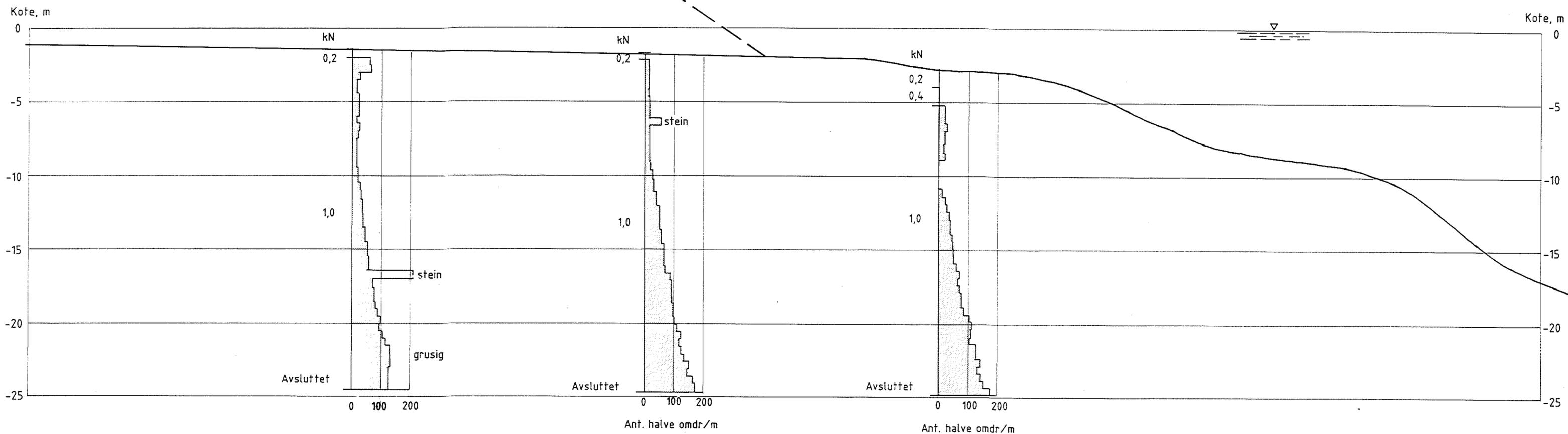
SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Figur nr. 012
Profil X med boringsresultater M = 1 : 200		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 89-01-23
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	

Dreiesondering nr. : 127

128

129

3,5



SJØMRÅDET, LONGYEARBYEN

Profil XI med boringsresultater
M = 1 : 200

Rapport nr.
880011-1

Figur nr.
013

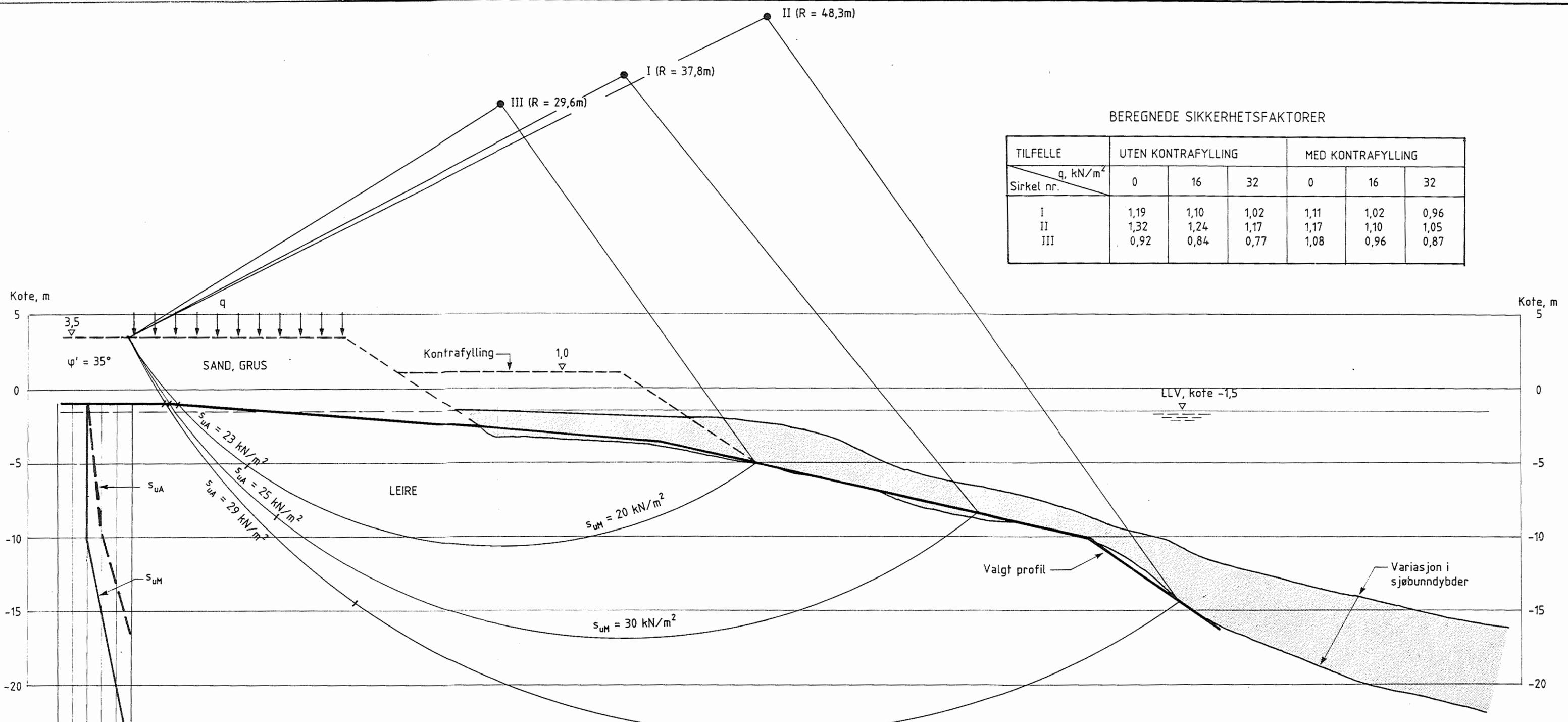
Tegner
[Signature]

Dato
89-01-23

Kontrollert
[Signature]

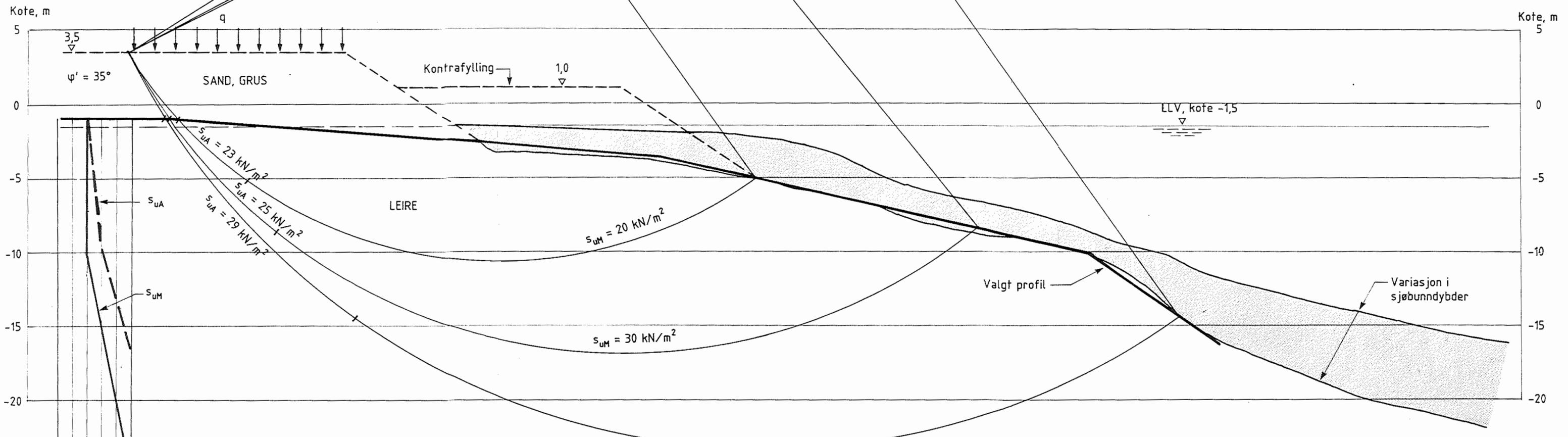
Godkjent
[Signature]





BEREGNEDE SIKKERHETSFAKTORER

TILFELLE Sirkel nr.	UTEN KONTRAFYLLING			MED KONTRAFYLLING		
	q, kN/m ² 0	16	32	0	16	32
I	1,19	1,10	1,02	1,11	1,02	0,96
II	1,32	1,24	1,17	1,17	1,10	1,05
III	0,92	0,84	0,77	1,08	0,96	0,87



SJØOMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Figur nr. 014
Stabilitetsberegninger for planlagt fyllingsområde M = 1 : 200		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 89-01-30
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	

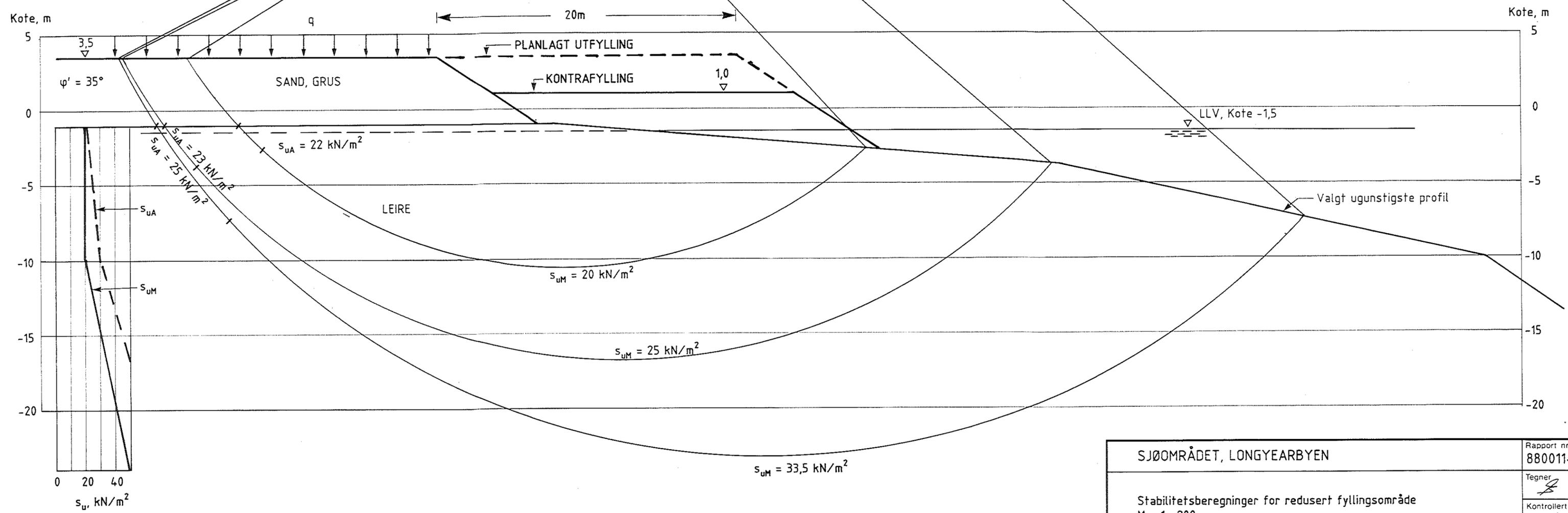
V (R = 48,3m)

IV (R = 37,8m)

VI (R = 29,6m)

BEREGNEDE SIKKERHETSFAKTORER

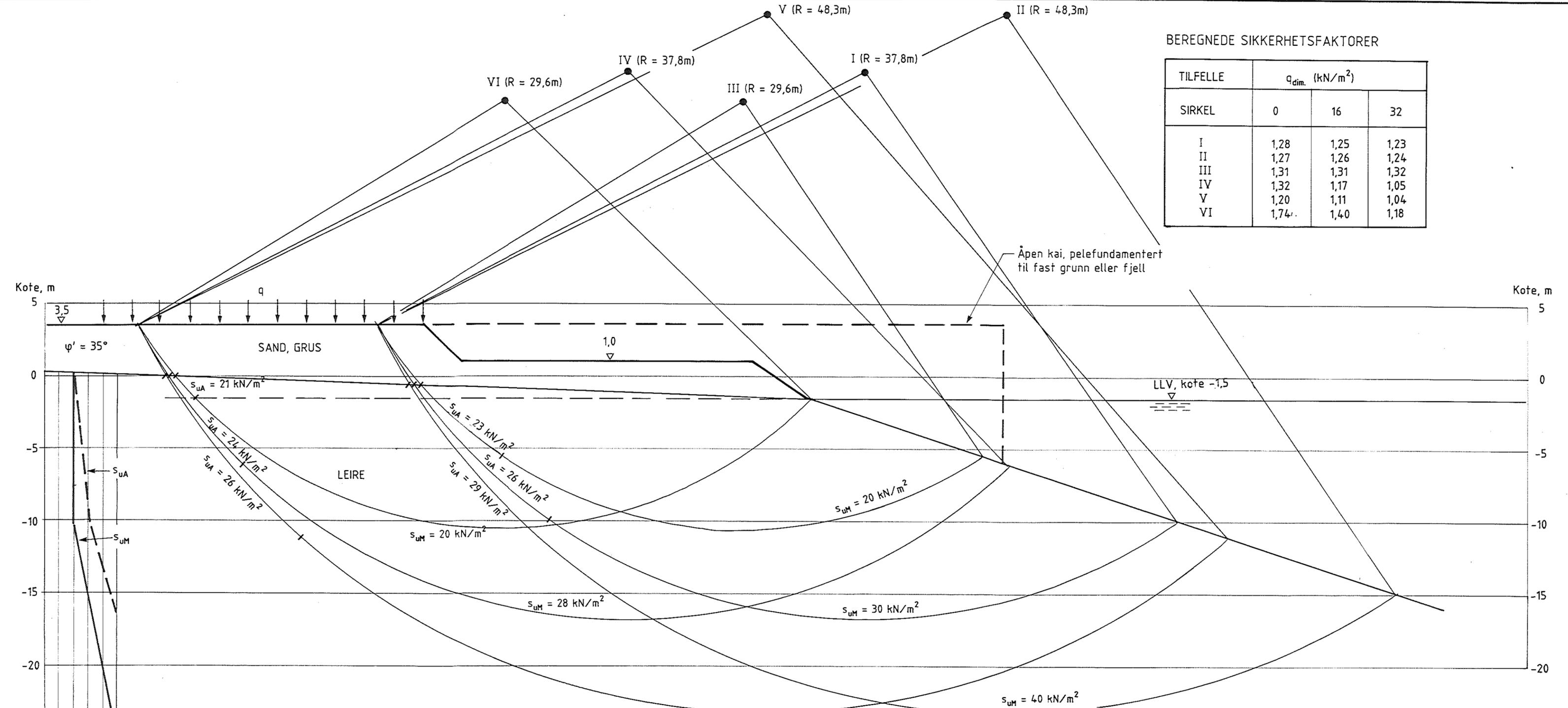
TILFELLE Sirkel nr.	UTEN KONTRAFYLLING			MED KONTRAFYLLING		
	0	16	32	0	16	32
IV	1,24	1,11	1,00	1,34	1,18	1,06
V	1,63	1,46	1,33	1,52	1,38	1,26
VI	1,12	0,99	0,90	1,59	1,34	1,16



SJØOMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Figur nr. 015
Stabilitetsberegninger for redusert fyllingsområde M = 1 : 200		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 89-01-20
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	

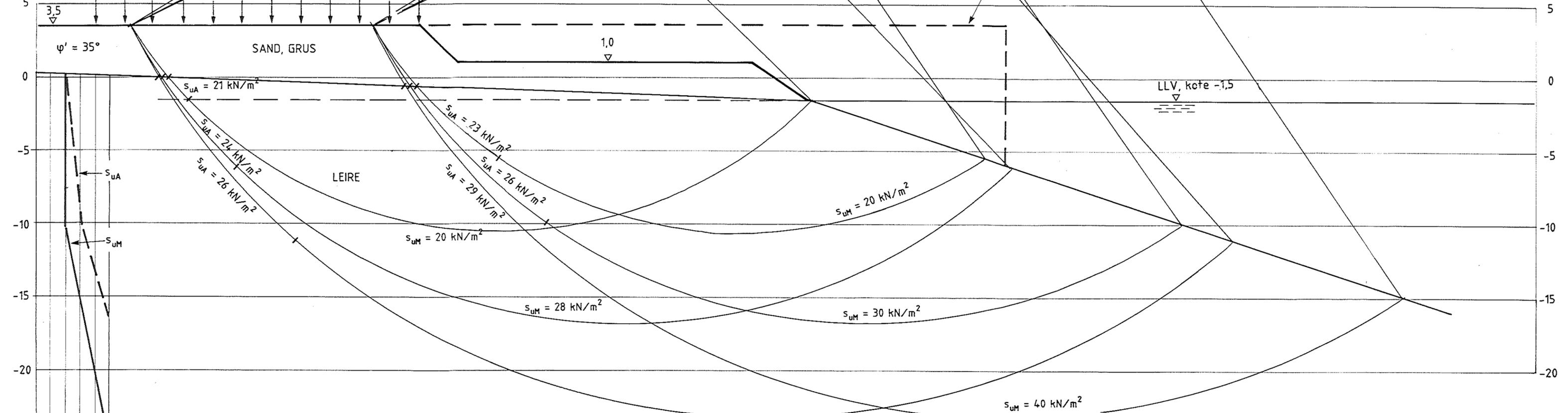
BEREGNEDE SIKKERHETSFAKTORER

TILFELLE	q _{dim.} (kN/m ²)		
	0	16	32
I	1,28	1,25	1,23
II	1,27	1,26	1,24
III	1,31	1,31	1,32
IV	1,32	1,17	1,05
V	1,20	1,11	1,04
VI	1,74	1,40	1,18

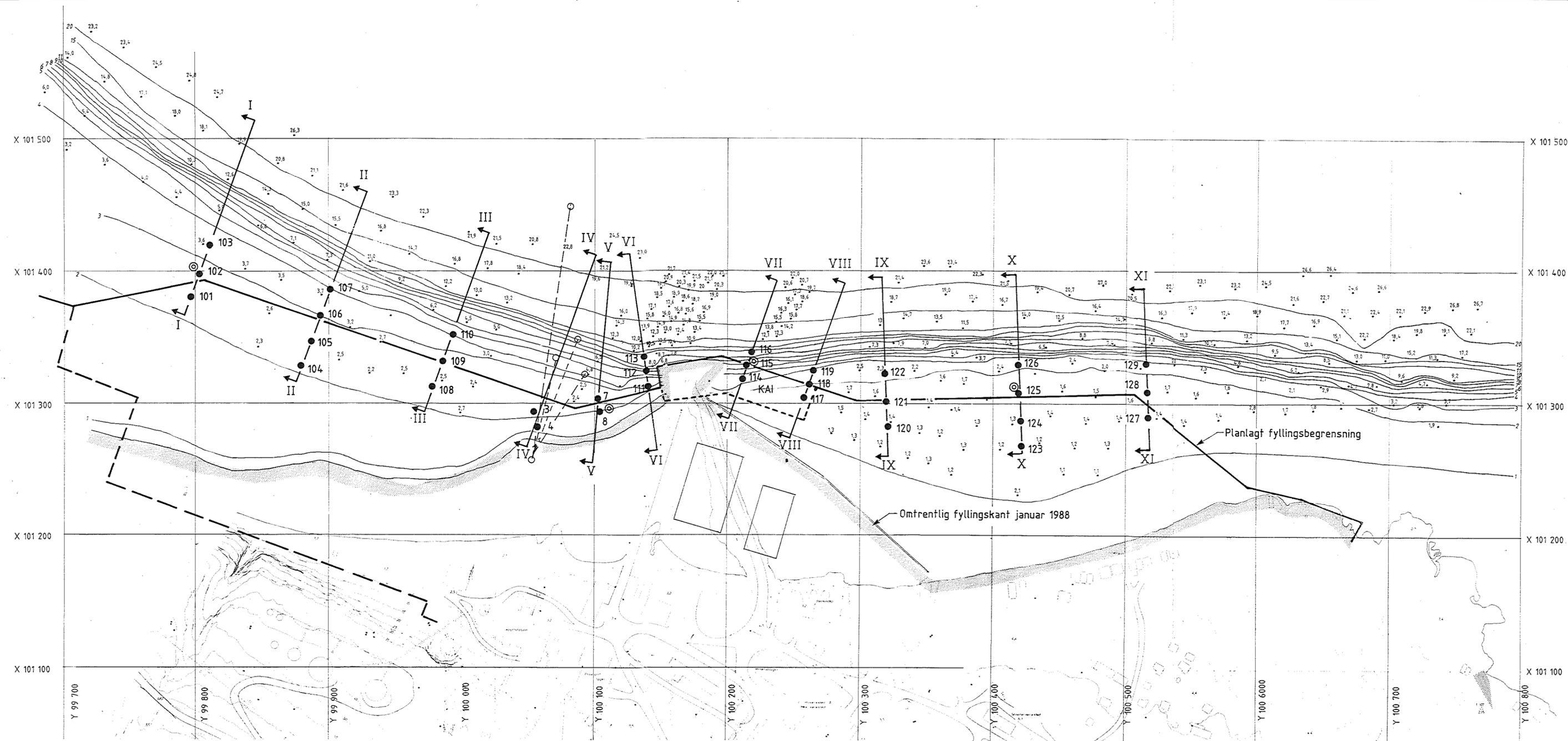


Kote, m

Kote, m



SJØOMRÅDET, LONGYEARBYEN		Rapport nr. 880011-1	Figur nr. 016
Stabilitetsberegninger for kaiområdet M = 1 : 200		Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 89-01-20
		Kontrollert <i>[Signature]</i>	
		Godkjent <i>[Signature]</i>	



TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering
- ⊙ Prøvetaking
- Pumpeledning

SJØOMRÅDET, LONGYEARBYEN

Situasjonsplan
M = 1 : 2000

Rapport nr.
880011-1

Tegner
Kontrollert
Godkjent

G.A.
G.A.

REFERANSESIDE / Documentation page

RAPPORTNUMMER / Report Number 880011-1	<input checked="" type="checkbox"/> RAPPORT Report <input type="checkbox"/> INTERN RAPPORT Internal Report
RAPPORTTITTEL / Report title SJØOMRÅDET LONGYEARBYEN GRUNNUNDERSØKELSER OG STABILITETSVURDERINGER FOR UTFYLLINGSOMRÅDE OG NY KAI OPPDRAGSGIVER / Client Store Norske Spitsbergen Kulkompani A/S PROSJEKTLEDER / Project Manager Odd Gregersen UTARBEIDET AV / Prepared by Gunnar Aas	DISTRIBUSJON (Distribution) <input type="checkbox"/> FRI Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> BEGRENSET Limited <input type="checkbox"/> INGEN None DATO / Date 31 januar 1989 REVISJON / Revision SIDER / Pages
EMNEORD / Keywords Clay, dock, embankment, stability	
GEOGRAFISKE OPPLYSNINGER / Geographical information	
LANDOMRÅDER (Onshore) LAND, FYLKE / Country, County Spitsbergen KOMMUNE / Municipality STED / Location Longyearbyen KARTBLAD / Map UTM-KOORDINATER / UTM-coordinates	HAVOMRÅDER (Offshore) HAVOMRÅDE / Offshore area FELTNAVN / Field name STED / Location FELT, BLOKKNR. / Field, Block No.