

Grunnundersøkelse
av Mørkvedbukta, Bodø for
Nordland Distriktshøgskole.

J.A. Dahl

o.2866-2

15. september 1978

Bilagsfortegnelse:

Bilag	1:	Oversiktskart M = 1:50 000
"	2:	Situasjonskart M 2 1:1 000
" 3, 4 og 5:		Profiler m/borerresultater
"	6:	Borprofil
"	7:	Treaksialforsøk
"	8:	Kartutsnitt med planforslag
Tillegg	I:	Markundersøkelser
"	II:	Laboratorieundersøkelser
"	III:	Spesielle undersøkelser

1. INNLEDNING.

Etter anmodning ved brev av 2. juni og 11. august 1978 har vi utført grunnundersøkelse for Nordland Distrikts-høgskoles planlagte anlegg i Mørkvedbukta, Bodø. Stedet er vist på oversiktskartet i bilag 1.

Anlegget skal bestå av 3 bygninger, adkomstvei og parkeringsplass på land, og molo og kai på sjøen. Moloen er vurdert over til to skjær ca. 70 - 90 meter fra land.

Vi har loddet opp bukten, og dybdekotene er vist på situasjonskartet i bilag 2. Her er også inntegnet skjærenes plassering på grunnlag av tachymetrering utført av Bodø kommune.

Vi har tidligere utgitt en orienterende rapport, o.2866 av 4. august 1978. Denne pekte på en del usikkerheter som burde avklares, og konkluderte med at ytterligere undersøkelser burde utføres. Disse er nå ferdige, og flere av usikkerhetene er oppklart. Denne rapporten erstatter derfor den første.

2. MARKUNDERSØKELSER.

Markarbeidet ble utført i tiden 30. mai - 7. juni og 22. - 25. august 1978. Det er dreiesondert i 11 punkt til stopp mot antatt fjell eller fast grunn, 0 - 11,3 meter under terreng/sjøbunn. Videre er tatt opp til sammen 5 representative og 5 uforstyrrede prøver med h.h.v. 30 mm og 54 mm prøvetaker fra 2 borpunkt.

Sjøbunnen er loddet opp ved 15 profil med referanse til sjøkartetsvernets ± 0 = spring lavvann. Dette nivå ligger 2,07 m under bykartets ± 0 . Som høydereferanse er benyttet samtidig avlesing i Bodø havn og i Mørkvedbukta.

Borpunktene plassering er vist på situasjonskartet i bilag 2, mens boreresultatene er gjengitt på profilene i bilag 3, 4 og 5. Markundersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg I.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Prøvene er ved undersøkelsen i laboratoriet først beskrevet og klassifisert, hvoretter det er utført rutineundersøkelse av vanninnhold. På de uforstyrrede prøvene er dessuten målt romvekt og udrenert skjærstyrke. Sensitiviteten er bestemt som forholdet mellom målt skjærstyrke i uforstyrret og omrørt tilstand.

På en prøve er også utført treaksialforsøk for bestemmelse av skjærstyrkeparametre på effektivspenningsbasis med sikte på stabilitetsberegning.

Resultatene er sammenstilt i borprofilet i bilag 4, og resultat av treaksialforsøket vist i bilag 5. Undersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg II og III.

4. GRUNNFORHOLD.

Terrenget og sjøbunnen er kupert. På land har en stort sett bare fjell i dagen, men terrenget domineres av kløfta i nord-syd retning (profil 3) som er fylt med løsmasse. Øverst har en her ca. 0,5 - 1,0 m torv over silt og videre siltig leire i dybden. I bunnen antas noe grovere materiale. Kløfta er 30 - 40 meter bred ovenfor borpunktet, men bare 3 - 5 meter i sjøkanten.

I bukta har en flere steder oppstikkende bart fjell. I mellom er påtruffet leire. Vanninnholdet i prøvetaking 2 er 33 - 38% øverst, avtagende til 25 - 30% nærmest fjellet. Romvekten stiger også fra ca. $18,5 \text{ kN/m}^3$ ved sjøbunnen til ca. $19,5 \text{ kN/m}^2$ i 4 - 6 meters dybde.

Udrenert skjærstyrke stiger fra $10 - 12 \text{ kN/m}^2$ til $15 - 18 \text{ kN/m}^2$. Leira er noe sensitiv. Treaksialforsøket gir grunn for å regne med verdier for attraksjon, $a = 0 \text{ kN/m}^2$ og for friksjon $\text{tg}\phi = 0,6$.

5. ANLEGG PÅ LAND.

Alle de viste bygninger på land er plassert der det er fjell i dagen. Fundamenteringen burde derfor ikke by på problemer. For bygningen som er tenkt lagt delvis i fjell må bemerkes at en må vente en noe oppsprukket dag-fjellsone.

Bygning 1 er lagt med en fløy ut i slukta hvor det er over 5 m høydeforskjell på fjelloverflaten. Dette bør derfor enten trekkes 7 - 8 meter vestover for å komme inn på fjellet på den ene side, eller trekkes 2 - 3 meter østover for så å fundamenterer på hver side av slukta med dragere som spenner over. Slukta bør likevel fylles igjen. Det må benyttes stor stein ytterst for erosjonsbeskyttelse.

Adkomstvei og parkeringsplass kan anlegges på stedelige masser etter at torvlaget er fjernet. Det bør benyttes ca. 50 cm forsterkningslag av velgradert grus med 15 cm bærelagsgrus øverst.

6. ANLEGG PÅ SJØEN.

Kaien ved profil 1 og 2 vil få bakmur og forankring i fjell. Kaipelene bør også settes på fjell ved fronten. Ifølge borpunktene 1 og 4 vil pelene bli h.h.v. 15 og 19 meter lange med front langs denne linje. Fjellet er meget steilt i sjøkanten.

Når kaiplasseringen er nøyere vurdert, kan det bli nødvendig å utføre detaljprofilering med fjellbestemmelser for nøyere vurdering av peletype og -lengde.

Det kan vise seg vanskelig å oppnå feste med rammede peler på fjellet, og pelene kan lett skrense og komme ut av stilling dersom fjellet er steilt. Det kan derfor vurderes å benytte hule stålrør uten spiss. Disse rammes forsiktig til en oppnår fjellkontakt, hvorefter det meisles/sprenges ut en hylle i fjellet for pillarfoten. Det må så settes ned forankringsbolter 2 - 3 meter ned i fjellet. Eventuelt kan en ramme peler med hul spiss slik at en kan bore igjennom spissen for nedsetting av forankringsbolt.

Ved å trekke kaia så langt inn som mulig med tanke på ønsket dybde ved kai, og sette pelene 1 - 2 meter bak kaifront, bør pelelengdene kunne reduseres noe.

Moloen kan bygges av utsprengte steinmasser.

Med den planlagte molotracé vil ca. 50 meter av moloen ligge på ca. 6 m bløt leire over fjell. Moloen bør føres opp til 5 - 6 meter over spring lavvann (kote 3 - 4 i f.h.t. bykartet). Den vil derfor medføre en vesentlig belastning på grunnen, og det er ikke beregningsmessig stabilitet for moloen utlagt til planlagt høyde. En kan imidlertid tenke seg stabiliserende tiltak som kan forbedre forholdene.

Stabiliteten vurderes på to prinsippielt forskjellige måter. Langtidsstabiliteten (f.eks. stasjonærtilstanden av en utfylling) vurderes best ved α - ϕ analyse på grunnlag av effektive spenninger med skjærstrykeparametre fra treksialforsøk og antatt poretrykks-utvikling.

Ved hurtige spenningsendringer i kohesjonsjordarter (leire) kan imidlertid s_u analyse på grunnlag av udrenert skjærstyrke (totalspenninger), bestemt ved hurtige skjærforsøk eller trykkforsøk være det riktige vurderingsgrunnlag.

Totalspenningsanalysen viser at jetéen i første trinn ikke kan legges høyere enn ca. kote -0,5 (bykartets koter). Med belastning over tid kan en få en fasthetsøkning, slik at moloen kan tenkes ført opp til full høyde når forholdene er tilstrekkelig bedret.

Effektivspenningsanalysen er avhengig av poretrykksantagelsene. Ved hurtig utfylling som gir poretrykksøkninger i dybden, gir også denne analyse for lav sikkerhet mot full utfylling i ett trinn. Med tiden vil også her poretrykkene ha gunstig utvikling. Ved måling av disse, kan en så bestemme når det er forsvarlig å utføre annet fyllingstrinn.

Med den planlagte molo vil bredden på sjøbunnen på kote -4 bli ca. 25 - 30 meter bred. Ved kaifronten vil dette bety at avstanden mellom kai og molo må økes for at kaiforholdene skal bli tilfredsstillende.

Vi vil derfor foreslå at moloen legges som vist på kartutsnittet i bilag 8. Det noe grunnere parti en mente å ha påvist langs deler av denne tracéen, viste seg dessverre ikke å ha den utstrekning fra skjærene som en først antok.

Moloen må bygges opp av samfengt sprengstein. Av hensyn til stabiliteten må fyllingen deles i to trinn, slik at en først fyller opp til kote -0,5 (kommunens kotegrunnlag = ca. kote +1,6 ifølge sjøkartet) fra land og ca. 70 meter fram mot skjærene. Over disse kan en godt gå opp til full høyde med en gang. Moloen bør ha topp på minst kote +3,5 og med 3 - 4 meter bredde. Moloen vil være utsatt for vestlig og sørvestlig vindretning med stor strøklengde. Yttersiden må derfor som erosjonsbeskyttelse klees med stor stein, kanskje opptil 10 - 15 tonns størrelse ($4 - 5 \text{ m}^3$). Størrelsen bør vurderes nærmere på grunnlag av vindstatistikk for området. Sprengningen

bør utføres med tanke på å få størst mulig steinstørrelse.

Før utfylling av første trinn bør det settes ned 2 - 3 poretrykksmålere for å kunne følge poretrykksutviklingen i anleggsperioden og tiden etter. En venter en trykkøkning under utfylling av første trinn, men størrelsen i forhold til tilleggslasten (moloen) kan vanskelig forutsies og bør måles. Vi ønsker også å måle hvor fort trykkøkningen utlignes. Dette er bl.a. avgjørende for hvor tidlig annet fyllingstrinn kan utføres.

Dersom moloen nødvendigvis burde legges ut i et trinn, måtte en mudre en ca. 5 m dyp og 8 - 10 meter bred renne til fast grunn, for så å legge moloen i denne. Denne metoden er imidlertid klart dyrere.

Alternativt kunne en også tenke seg utlagte kontra-fyllinger, men også her ville det medgå vesentlig større steinmasser. Dessuten ville kontrafyllingen inne i havnen komme i konflikt med kaiplasseringen.

7. SAMMENDRAG.

Grunnundersøkelsen for Nordland Distriktshøgskoles planlagte anlegg i Mørkvedbukta i Bodø kommune har vist at fundamenteringsforholdene på land er gode, med stort sett bare fjell i dagen, bortsett fra et lavere parti i ca. nord-sør retning som ser ut til å være en kløft, gjenfylt med leire med torvlag på toppen.


På sjøen har vi påvist 4 - 10 meter bløt leire over bunnmorene i varierende tykkelse på fjell.

Kaien vil kunne fundamenteres og forankres i fjell i bakkant, og bør også pele- eller pillarfundamenteres til fjell langs fronten.

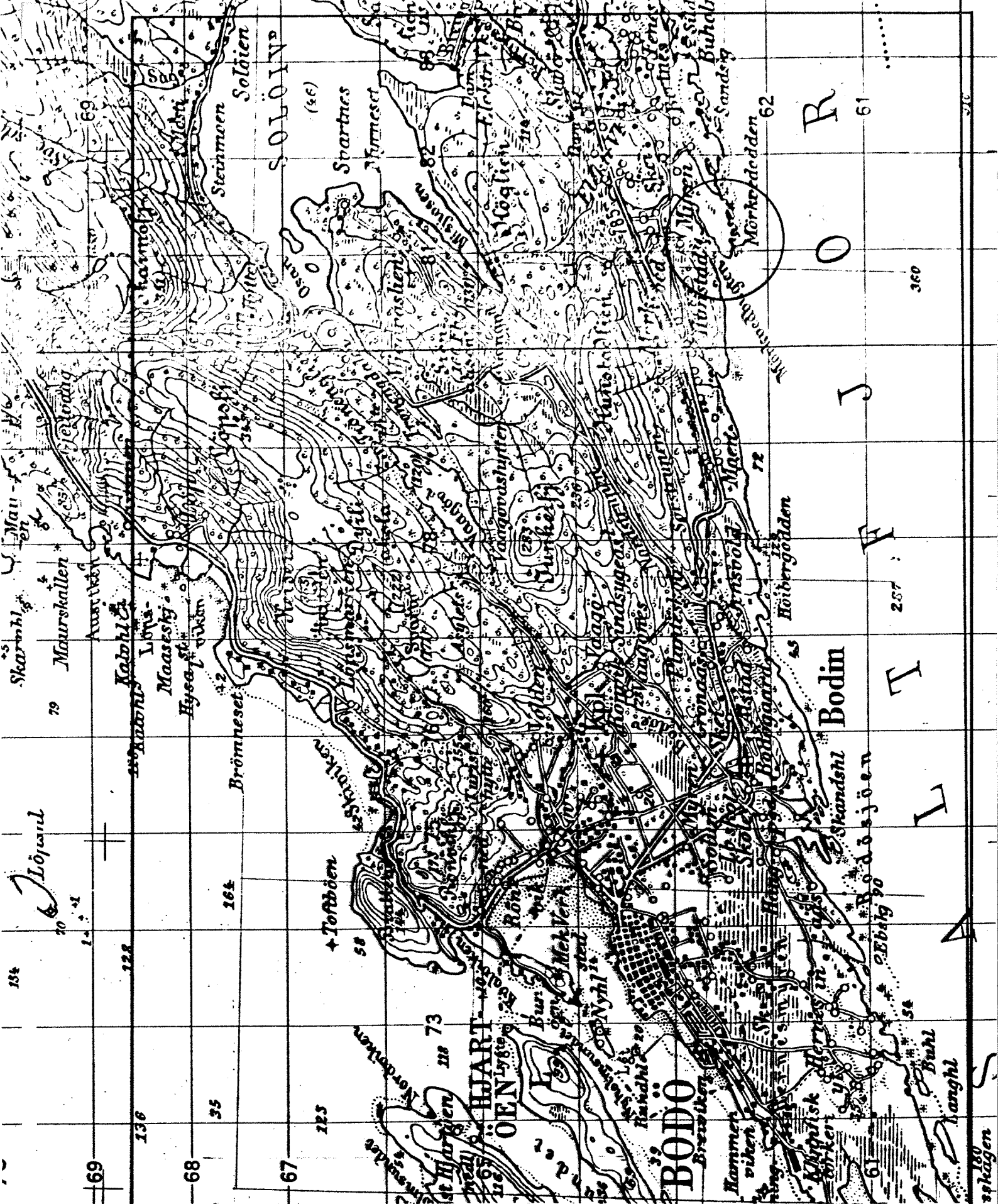
Moloen bør av hensyn til de dårlige stabilitetsforholdene fylles ut i to trinn, med første trinn på kote -0,5. Ved poretrykksmålinger i anleggsperioden og tiden deretter kan en avgjøre når annet trinn kan fylles opp.

Vi står gjerne til tjeneste under det videre arbeide med prosjektet, samt kontroll i anleggsperioden.

OTTAR KUMMENEJE



Kåre Sand



Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



NORDLAND DIST. HØGSKOLE

OVERSIKTSKART

MÅLESTOKK
1:50 000

TEGNET AV
KS

DATO
1.10.78

OPPDRAG
2866

BILAG
1

TEGN. NR.

BORPROFIL			HULL: <u>2 og 5</u> TERR.NIVÅ: _____		PRÖVE Ø: <u>54 mm</u> <u>30 mm</u>								
Dybde m	Jordart Hull 2	Sign. Lab.nr.	Vanninnhold (w) i % 20 30 40 50				Rørvekt kN/m ³	Udrenert skjærstyrke (s _u) i kN/m ² 10 20 30 40 50					Sensitivitet.
5	LEIRE, meget lagdelt m. tynne siltlag mager-siltig siltlag	01					18,3 (18,9)						8 7 10 8 7 10 8 8 5 5 6 4
		02											
		03											
		04											
		05											
10	Hull 5	06					150,0						
07													
08													
09													
10													
TORV mye omvandlet		06											
SILT, m. tynne leir lag		07											
LEIRE, siltig		08											
lagdelt m. tynne siltlag		09											
		10											

Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE
TRONDHEIM
BODØ — TROMSØ

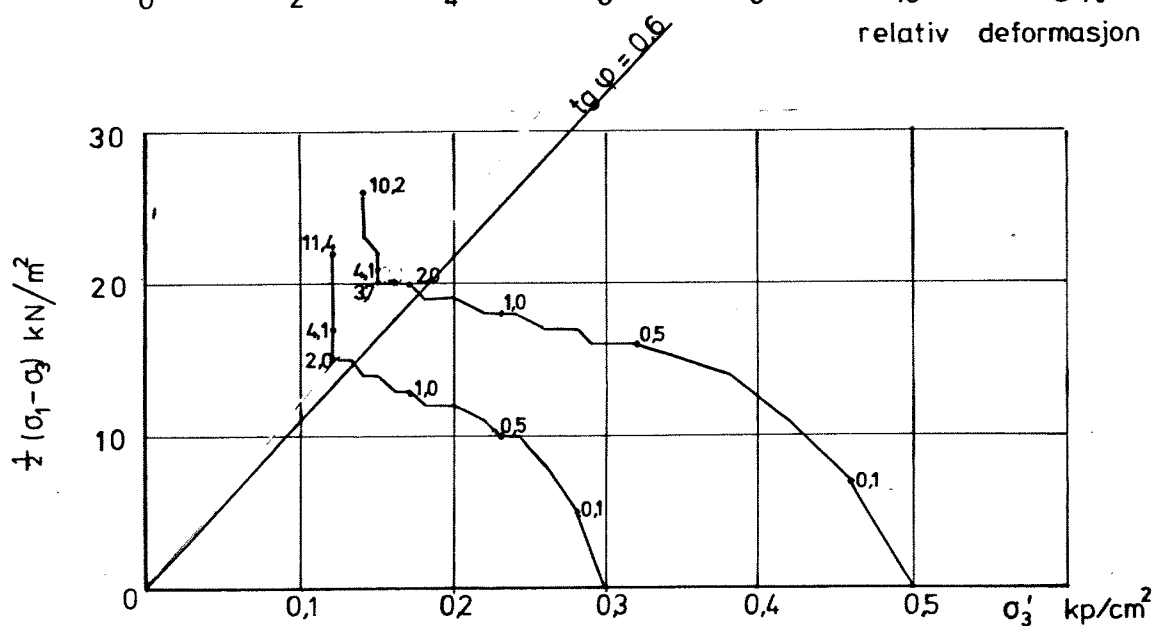
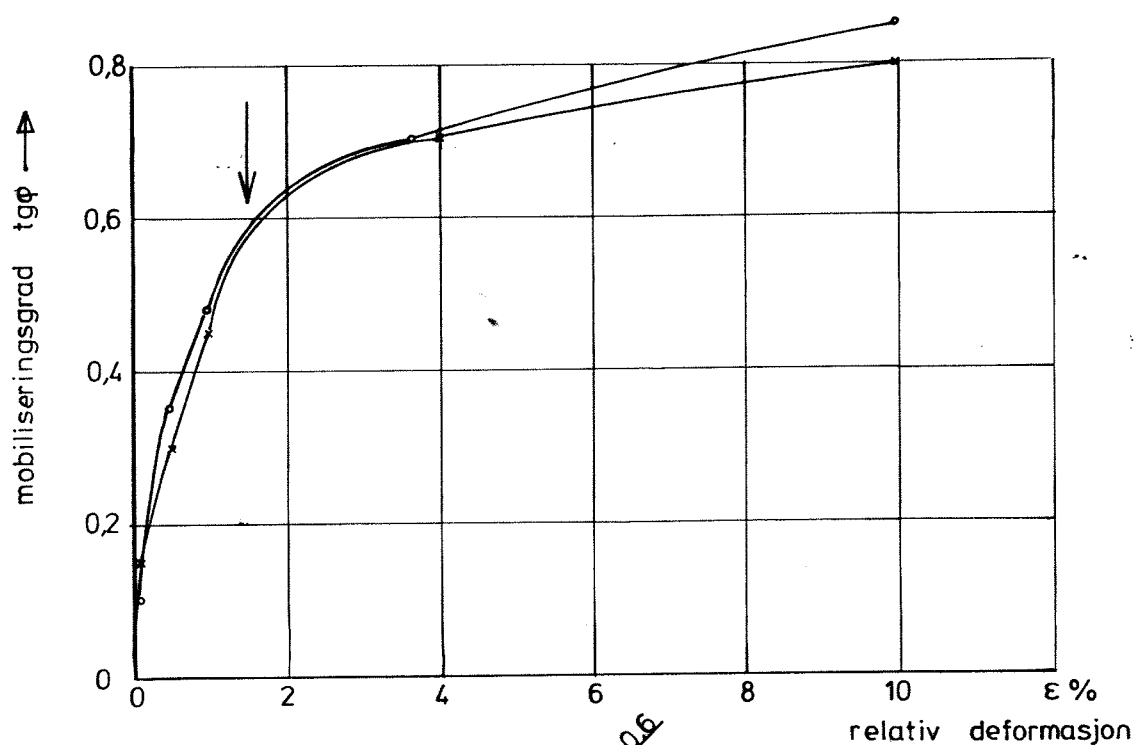
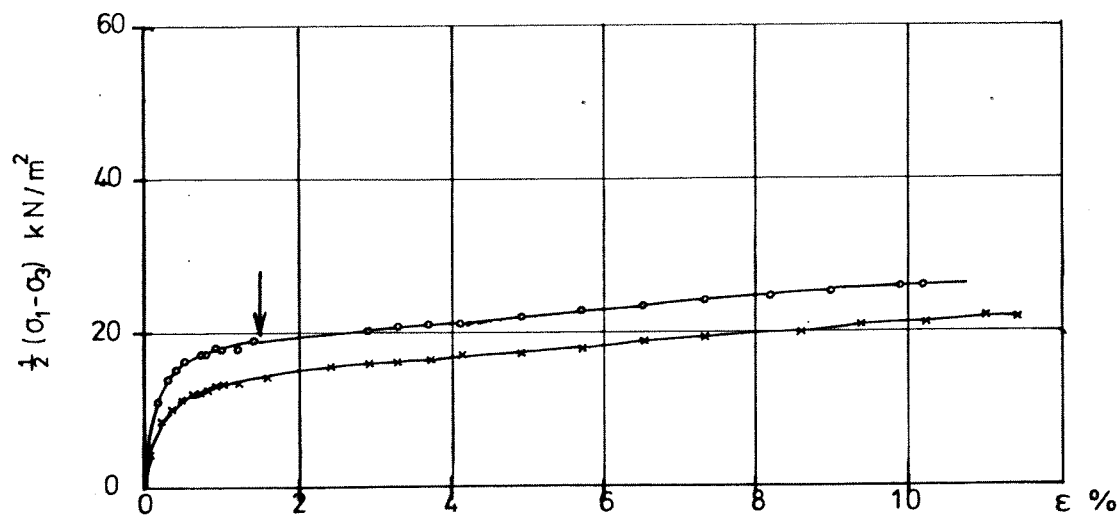
Sted: NORDLAND D.H. Mnd/år: 06 /78

SYMBOLER: Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% w/brudd)
 Konusforsøk - Omrørt: ▼ Uforstyrret: ▽
 Penetrometerforsøk: □
 Konsistensgrenser: w_p ————— w_L

OPDRAG:
2866 - 2

BILAG:
6

TEGN.NR.:



Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE



TRONDHEIM
BODØ — TROMSØ



NORDLAND DISTR. HØGSKOLE

Treksial forsøk
Lab nr. 04

MÅLESTOKK

—

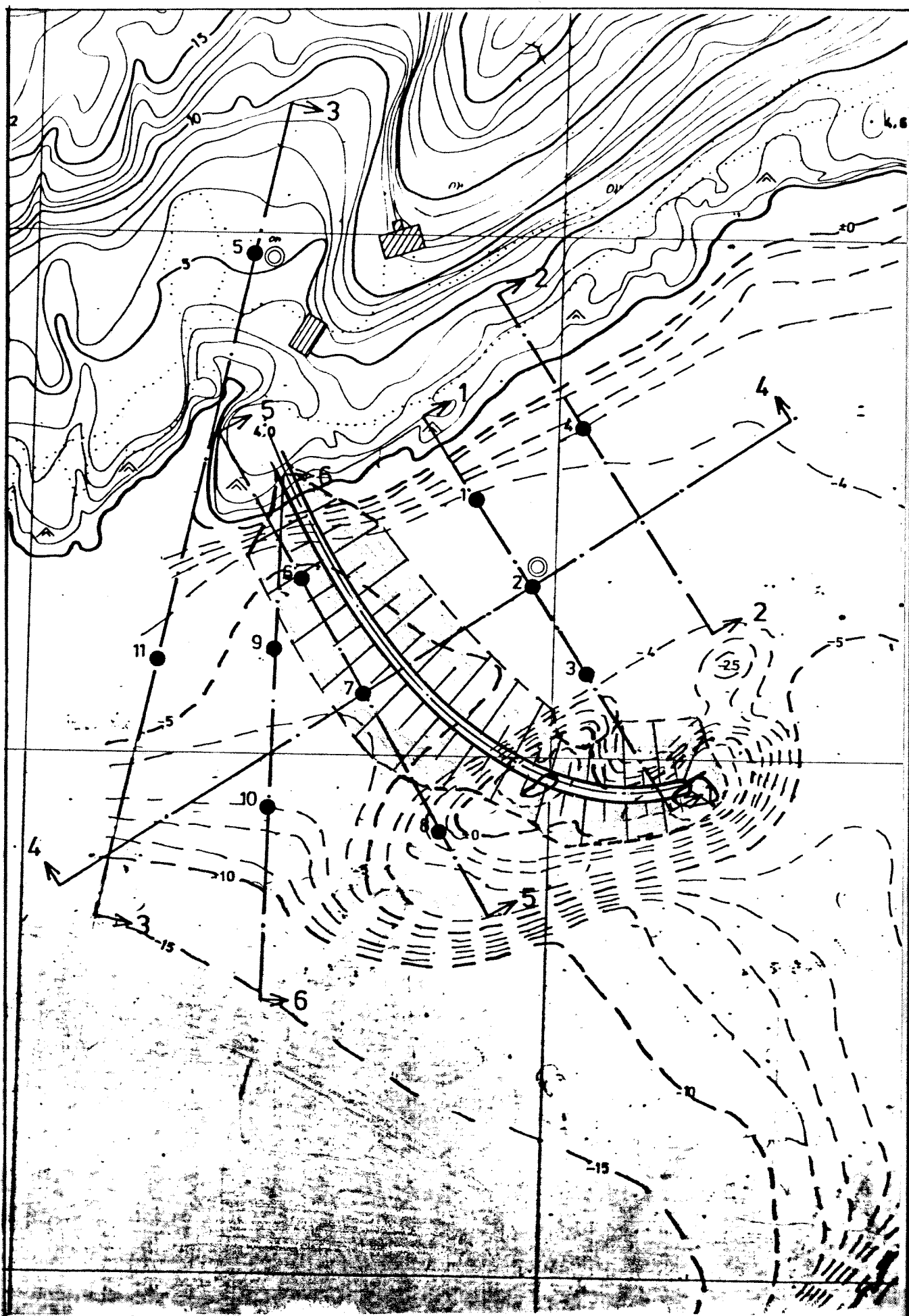
TEGNET AV
KS / AD

DATO
06.07.78

OPPDRAG
2866-2

BILAG
7

TEGN. NR.



Siv. ing.
OTTAR KUMMENEJE



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



DISTRIKT SHÖGSKOLE BODØ

Forslag til moloplassering

MÅLESTOKK
1:1000

TEGNET AV
KS/AME

DATO
2-09-78

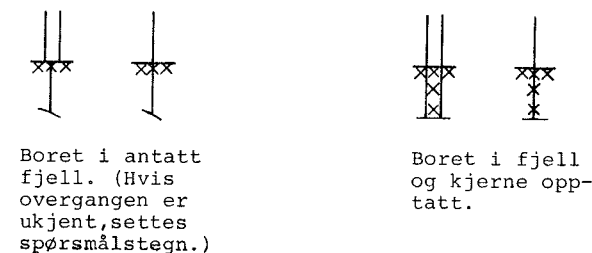
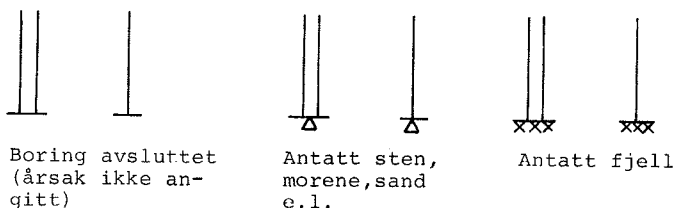
OPPDRAG
2866-2

BILAG
8

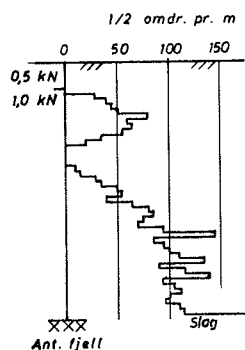
TEGN. NR.

Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

AVSLUTNING AV BORING (GJELDER ALLE SONDERINGSTYPER).

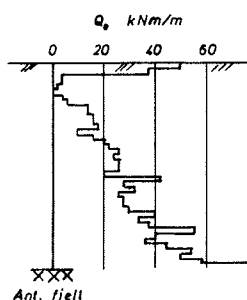


● Dreiesondering
utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger pr. 20 cm synkning noteres. Ved opp-tegninger vises antall halve omdreininger pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



○ Enkel sondering
består av slagboring med lett fjellboremaskin eller spyleboring til fast grunn eller fjell. Ved slagboring med en spesiell spiss kan ned-synkningshastigheten registreres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrddybden bestemmes ved hjelp av en lett myrddybdeprøvetaker som presses ned til antatt myrbunn hvor prøve tas for kontroll.

▼ Ramsondering
utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fall-høyde 0,6 m. Mot-standen mot ned-ramming regis-treres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden

$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}}$ (kNm/m) angis i diagram som funksjon av dybden.

★ Fjellkontrollboring

utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkroner nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker på-visning.

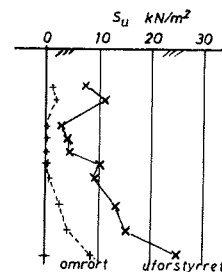
◎ Prøvetaking

utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stem-pelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveg-gede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av opp-spylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylind-prøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

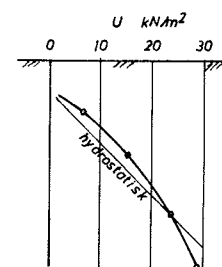
+ Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekor, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastig-het til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras u-drenerte skjærstyrke, som også måles i om-rørt tilstand etter brudd.



⊖ Porevanntrykket

i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintert bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vann-trykket ved filteret registreres enten hy-draulisk som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terrenget) eller elektro-nisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.



● Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.