

## 1. INNLEDNING.

Etter henvendelse fra siv.ing. A. R. Reinertsen har undertegnede inngått kontrakt med Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat om supplerende undersøkelser og vurderinger for 1. byggetrinn ved Universitetet i Trondheim.

1. byggetrinn, som er en del av midtre bygning, har en utstrekning på ca 260 m i nord-syd retning og ca 190 m i øst-vest retning og er beliggende i skråningen øst for Dragvold gård.

Da de vesentligste planeringsarbeider for hele midtre bygning er planlagt utført i forbindelse med 1. byggetrinn samtidig som senere fundamentering avhenger av planeringene, må planeringer og fundamentering for midtre bygning generelt vurderes på det nåværende tidspunkt.

De supplerende boringer tok i første rekke sikte på fjelldybdebestemmelser med henblikk på utgravningene for 1. byggetrinn. Videre ble utført sonderinger og prøvetakinger for nøyere kartlegning av grunnforholdene for den resterende del av midtre bygning.

Etter samråd med siv.ing. Fjærvik, RGP har en funnet det riktig å fremlegge resultater og vurderinger i 2 rapporter.

Denne rapport omhandler resultatet av de supplerende undersøkelser samt generell vurdering av stabilitet og setningsforhold ved de prosjekterte planeringsarbeider for midtre bygning.

Fundamentering av bygninger for midtre bygning vil deretter bli behandlet i egen rapport.

## 2. UTFØRTE BORINGER.

Markarbeidene er utført i tiden 19. okt. - 11. nov. 1971 av våre boreledere F. Rasmussen og T. Berg med delvis leiet hjelpemannskap.

Med lett bergboremaskin cobra er utført sondering i 18 punkter til 1,4 - 7,0 meters dybde.

Med langhullsborerigg er det foretatt fjellkontroll i 10 punkter. Disse boringer er avsluttet i 6-12 meters dybde og ført noe ned i fjell.

Videre er i to hull til 30 meters dybde tatt opp til sammen 25 uforstyrrede prøver med 54 mm sylinderprøvetaker.

Borpunktene beliggenhet er vist på situasjonsplanen i bilag 1.

Resultatet av sonderingene er vist i profilene i bilag 2-5. Dessuten er boreddybder og fjelldybder gitt i tabell i bilag 8.

Boringenes utførelse er nærmere beskrevet i tillegg 1 bak i rapporten.

### 3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte prøver er undersøkt ved vårt laboratorium.

Ved åpning er prøvene klassifisert og beskrevet. Videre er utført rutinebestemmelser av romvekt og vanninnhold. Den udrenerte skjærfasthet er bestemt ved konusforsøk og enkle trykkforsøk i uforstyrret tilstand og ved konusforsøk i omrørt tilstand.

Sensitiviteten, forholdet mellom uforstyrret og omrørt skjærfasthet er således bestemt av konusforsøkene.

På 4 prøver er utført konsolideringsforsøk i ødometer.

Ved misforståelse ble ikke utført tidsavlesninger under ødometerforsøkene. Imidlertid er det ved en hovedoppgave ved NTH (siv.ing. Berre) benyttet leire fra samme område og fra Institutt for Geoteknikk og fundamenteringslære er utlånt resultater av ødometerforsøk.

Torv-prøver er klassifisert etter von Posts skala.

$C_v$  - verdier fra ødometerforsøkene beregnet ved kvadratrottilpasning er vist i bilag 12.

Laboratorieundersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg 2, bakerst i rapporten.

#### 4. GRUNNFORHOLD.

Grunnforholdene på området er i hovedtrekk klarlagt tidligere i våre rapporter 0.326 og 0.326-2.

I bilag 6 og 7 er aktuelle boringer fra disse undersøkelser vist.

Den vesentligste del av 1. byggetrinn ligger i et område med gode grunnforhold med vesentlig meget fast leire, men sannsynligvis også noe morene-avsatt grus i den øst-vest gående ryggen øst for Dragvold gård.

I det syd-østlige hjørne av 1. byggetrinn har en imidlertid dårligere forhold med økende torvlag over bløt og til dels kvikk leire.

Den resterende del av midtre bygning kommer i syd-øst ca 100 m videre utover disse forhold.

Med unntak for dette hjørne skulle imidlertid grunnforholdene for hele midtre bygning være gode.

Fjelldybden er med unntak for det nevnte hjørne relativt beskjedne og mindre enn 10 m.

Overgangen mellom de meget faste løsmasser og forvitret fjell (flussfjell) viste seg meget vanskelig å bestemme ved boringene, men som det fremgår av tabellen i bilag 8 synes det som om flussfjellet enkelte steder kan ha betydelig mektighet. For å bestemme overgangen nøyaktigere har en til sommeren planlagt en enkel prøvegravning med traktorgraver i 1-2 punkter.

En henviser til boreresultatene i bilag 2-5 og borprofilene i bilag 9-10 for nærmere detaljer.

## 5. UTGRAVNINGER.

### Generelt.

Utgravningen for 1.bygetrinn vil vesentlig foregå i meget faste løsmasser og flussfjell, men en vil også komme noe ned i fast fjell i ryggen øst for Dragvold gård.

### Løsmasser.

De utførte undersøkelser har ikke tatt sikte på en nøyaktig kartlegning av gravemassene.

Undersøkelsene indikerer imidlertid at utgravningen på det høyereliggende område vil skje i meget faste vesentlig fin-kornige materialer (leire eller silt). Omkring profil 643 a menes imidlertid påtruffet noe grus eller sand under det øvre leirlag.

Utgravningene skulle ikke forårsake fare for dypere glidninger i løsmassene ved de foreslåtte planeringshøyder.

For et kortere tidsrom vil graveskråningen i disse faste masser kunne stå meget steilt, men en må regne med en utslakning med tiden og for skråninger som kan tenkes å bli stående i lengere tid vil en tilrå at det benyttes helning 1 : 2 eller slakere.

De utførte boringer gir ikke grunnlag for vurdering av evt. vanskeligheter med løsgjøring av de meget faste løsmasser, men den planlagte prøvegraving vil kunne gi informasjon om dette.

### Fjell

Ifølge profilene vil utgravningen komme ned i uforvitret fjell lengst vest i profil 592 a og 796 a samt i profil 643 a og 694 a ved østre begrensning av 1. byggetrinn.

I de to sistnevnte profiler vil en på den vestlige del komme ned i antatt flussfjell. En vil her henvise til den tidligere omtalte usikkerhet i overgangen mellom de enkelte lag.

## 6. OPPFYLLINGER.

### I. På område med gode grunnforhold.

På dette område skulle de planlagte oppfyllinger ikke medføre spesielle stabilitets eller setningsproblemer.

### II. På område med dårlige grunnforhold.

På dette område som omfatter det tilnærmet horisontale terreng i bygningens sydøstre hjørne vil en ved oppfyllingene måtte ta hensyn til de stabilitets- og setningsproblemer som vil oppstå spesielt med tanke på den senere bebyggelse av området.

#### a. Stabilitet.

Bæreevnen på myra kan ikke angis nøyaktig ut fra grunnundersøkelser da denne kan være sterkt varierende på grunn av forskjeller i fibrighet, fiberstyrke, formuldingsgrad, innhold av større fibre som rotteger og trær og tykkelse og styrke av det øvre lag som er forsterket med røtter fra levende vegetasjon.

Vanligvis vil en imidlertid kunne legge ut fyllinger med høyde på  $\frac{1}{2}$  - 1 m på myr uten fare for grunnbrudd. Ønskes høyere oppfylling kan dette gjennomføres ved kontrafyllinger. Om det øvre forsterkede lag fjernes før oppfylling vil bæreevnen reduseres betydelig.

For oppfylling direkte på den bløte leira (dvs. med masseutskiftning av torva) er utført stabilitetsberegninger for varierende tilleggslaster.

Ved en mektighet av leirlaget på 30 m er den nødvendige skjærfasthet for likevekt ved en sikkerhet på 1,4 gitt i nedenforstående tabell.

Tabell over  $S_u$  nødv. for å oppnå  $F = 1,4$ .

Tilleggslast $t/m^2$	$S_u$ $t/m^2$
3	0,8
5	1,3
7	1,8
9	2,3

Ved å sammenholde de nødvendige skjærfastheter med de målte ser en at tilleggsbelastninger ut over ca  $5 t/m^2$  vil gi sikkerhetsfaktorer lavere enn det som vanligvis ansees tilfredsstillende. En tilleggslast på  $5 t/m^2$  tilsvarer f.eks. ca 2.5 m fylling på terreng hvor leira ikke er overdekket av myr eller masseutskiftning av ca 2 m myr og deretter ca 1,5 m oppfylling over opprinnelig terrengnivå eller masseutskiftning av ca 5 m myr.

Høyere oppfyllinger vil imidlertid kunne etableres ved hjelp av kontrafyllinger eller evt. meget slake skråninger (1 : 10-1 : 20)

Avslutningen mot syd av oppfyllingen til + 159,9 vil således skape stabilitetsvanskeligheter mellom ca profil 1430 b og 1522 b ved masseutskiftningeav myra.

For å etablere tilstrekkelig sikkerhet vil det her være nødvendig med en kontrafylling med vekt ca  $1 - 1,5 t/m^2$ . På grunn av leirlagets mektighet må en regne med betydelig utstrekning av kontrafyllingen mot syd anslagsvis 50-70 m.

Ved oppfylling direkte på myra vil det ikke foreligge fare for glidninger i leira da fyllingshøydene bare er 1 til 1,5 m. Om en her må benytte kontrafylling for å hindre grunnbrudd i myra vil det være tilstrekkelig med en bredde av kontrafyllingen på 10-15 m.

Mot øst vil stabilitetsvanskeligheter oppstå ved høydespranget mellom kote 159,9 og 156,3 fra sydenden (ca 898 a) og til ca 760 a. Avslutningen av planeringen skulle her ikke by på stabilitetsproblemer da prosjektert terreng ligger lavere enn nåværende terreng.

Prinsipielt vil en foreslå at en endrer planeringsplanen slik at også spranget mellom kote + 156,3 og 159,9 kommer på fast grunn.

Om dette av andre grunner ikke skulle være mulig ser en ikke bort fra at det er teknisk gjennomførbart å opprettholde den fremlagte plan. Dette vil imidlertid kreve spesielle tiltak som synes kostbare og delvis også innebærer tekniske usikkerhetsmomenter.

De mest realistiske av slike tiltak synes å være:

Oppfylling med lette fyllmasser.

Som eksempel på slike masser kan nevnes sagflis, bark, presset torvstrø og løs Leca.

En kan ikke regne med å fundamenterer bygninger direkte på disse masser, men gater for lett trafikk og ubelastede gulv direkte på massene skulle kunne etableres. En må imidlertid regne med visse setninger ved bruk av organiske masser. Overslagsmessig vil medgå 20 - 30 000 m<sup>3</sup> lette fyllmasser.

Avlastningsplate på peler til fjell.

En har på det nåværende tidspunkt ikke funnet det riktig å utføre nøyaktige stabilitetsberegninger for dette alternativ som innebærer at øverste del av den ytterste del av oppfyllingen til kote 159,9 legges på en betongplate fundamentert på peler til fjell.

Ut fra overslagsberegninger vil en imidlertid anslå den nødvendige bredde av platen til 40-50 m. Oppfyllingen under platen vil her virke som kontrafylling mot det nøyere platå.

Av andre tiltak som kunne komme på tale, men som i dette tilfelle synes lite aktuelle kan en nevne grunnforsterkning med elektrosmose.

b. Setninger i original grunn.

Tilleggslast fra oppfylling på nåværende terreng eller masseutskiftning vil gi setninger i original grunn.

Setningene i den bløte leira vil øke med økende tilleggslast og dybde til fjell.

Beregnete setninger for varierende tilleggslast og fjell-  
dybder ved oppfylling på områder uten myroverdekning er vist i  
bilag 13.

Ved oppfylling direkte på myra vil en i tillegg til setningene  
i leira også få setninger i torvlaget. En forhåndsberegning av  
disse vil være usikker p.g.a. manglende kjennskap til torv s  
kompressibilitets egenskaper og inhomogeniteter i torva. Ved  
masseutskiftning av torva vil tilleggslasten på den underligg-  
ende leire bli større da tilbakefylte mineralske masser er  
tyngre enn torv.

Med en anslått kompressibilitet av torva har en beregnet de tot-  
ale setninger ved masseutskiftning og ved oppfylling direkte  
på torva for forskjellige oppfyllingshøyder over nåværende  
terreng og en konstant tykkelse av leira 30 m. Resultatet av  
beregningene er vist i bilag 14.

Av kurvene i bilag 14 fremgår at ved små oppfyllingshøyder blir  
setningene mindre ved oppfylling direkte på torva.

En vil imidlertid presisere at de beregnede verdier for setning-  
ene i torvlaget er usikre. Videre vil en, om utbygningen fører  
til drenering av torvlaget få setninger i dette på grunn av ut-  
tørking og forråtnelse i tillegg til konsolideringssetningene.

Som det fremgår av bilag 13 og 14 er de beregnede totale  
setninger betydelige selv ved relativt beskjedne oppfyllinger  
på 1-2 m.



Beregninger av setningenes tidsforløp indikerer også at setningene vil forløpe over relativt lang tid. Eksempelvis vil 50 % av setningene være unnagjort etter 20-30 år mens 90 % først vil være unnagjort etter omkring 100 år, ved en fjelldybde på 30 m. Et eksempel på mulig tidsforløp er vist i bilag 15.

Som det fremgår av bilag 12 er spredningen i de målte  $C_v$  - verdier betydelig. Videre kan en ikke med sikkerhet avgjøre om utdrenering av poreovertrykk kan skje mot fjell. Da en har en gryte i fjellet har en ikke regnet med dette og derfor antatt ensidig drenering opp mot overflaten.

Videre ser en ikke bort fra at det pågår en viss konsolidering av denne leiravsetning også i ubelastet tilstand.

Disse faktorer bevirker at den utførte beregning av setningenes tidsforløp vil være usikker.

Setningshastigheten kan fremskyndes ved hjelp av sanddren og/eller oppfylling med overhøyde. På grunn av stabilitetsproblemene synes imidlertid oppfylling med overhøyde over størstedelen av området å være lite aktuelt.

Setningshastigheten ved bruk av sanddren avhenger av drenenes avstand og lengde.

Resultat av overslagsberegninger for forskjellige lengder av drenene under forutsetning av en slik avstand at setningene ned til u.k. dren vil være unnagjort i løpet av 1 år og med bestemte kompressibilitetsegenskaper i leira og fjelldybde 30 m er vist i bilag 15.

Av bilaget fremgår at en f.eks. ved bruk av 15 m lange sanddren vil ha unnagjort ca 90 % av setningene etter 4 år mens en med de samme forutsetninger bare vil ha unnagjort ca 22 % uten sanddren i samme tidsrom. Det er foreløpig regnet med en avstand mellom dren på 2-2,5 m. Lengde og avstand mellom dren bør nøyere vurderes i henhold til fremdrift og ønsket setningshastighet.

### III. Egensetninger i fylling.

Disse vil avhenge av fyllingsmateriale, oppfyllingshøyde, utlegningsmetode og komprimering.

På området med dårlige grunnforhold ventes imidlertid egensetningene å bli ubetydelige i forhold til de totale setninger ved oppfylling med mineralske fyllmasser.

Ved bruk av gode fyllmasser som friksjonsmaterialer, tørrskorpeleire eller annen meget fast leire skulle en ved utlegging i lag og komprimering unngå setninger av betydning i fyllmassene etter at oppfyllingene er avsluttet. Ved bruk av leire som fyllmasse vil en imidlertid måtte legge inn enkelte drenerende sandlag for å oppnå dette ved oppfyllinger av betydning.

## 7. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

Størstedelen av midtre bygning er plassert på et område med gode grunnforhold hvor de prosjekterte planeringsarbeider ikke skulle føre til stabilitets- eller setningsproblemer av betydning.

Sydøstre del av midtre bygning kommer imidlertid ut på et område med dårlige grunnforhold med torv over bløt leire. Avslutningen av oppfyllingen mot syd vil medføre stabilitetsproblemer som imidlertid synes å kunne løses ved kontrafyllinger.

Det prosjekterte sprang i planeringshøyden fra kote 159,9-156,3 medfører imidlertid et stabilitetsproblem som krever mer spesielle tiltak. Prinsipielt må en derfor tilrå planeringsplanen revidert slik at dette sprang kommer inn på område med gode grunnforhold eller at høydeforskjellen mellom de to plan minskes til ca 2,5 m.

Om dette ikke er mulig mener en at planeringsplanen kan opprettholdes ved at en unngår belastning på den nødvendige kontrafylling mellom de to plan og samtidig oppnår den foreskrevne høyde på kontrafyllingsområdet ved en plate på peler til fjell, evt. at en benytter lette fyllmasser.

En må på dette område forvente betydelige setninger selv ved relativt små tilleggsbelastninger f.eks. som følge av masse-utskiftning av myra. Videre må en regne med at setningene vil pågå over lang tid. Setningeshastigheten kan imidlertid økes betydelig ved hjelp av sanddren.

For bl. a. å bestemme nøyaktigere setningene og kontrollere bæreevnen i torva ved oppfylling direkte på denne samt kontrollere setningeberegningene i leira foreslår en utlagt en prøvefylling med nødvendige måle-instrumenter.

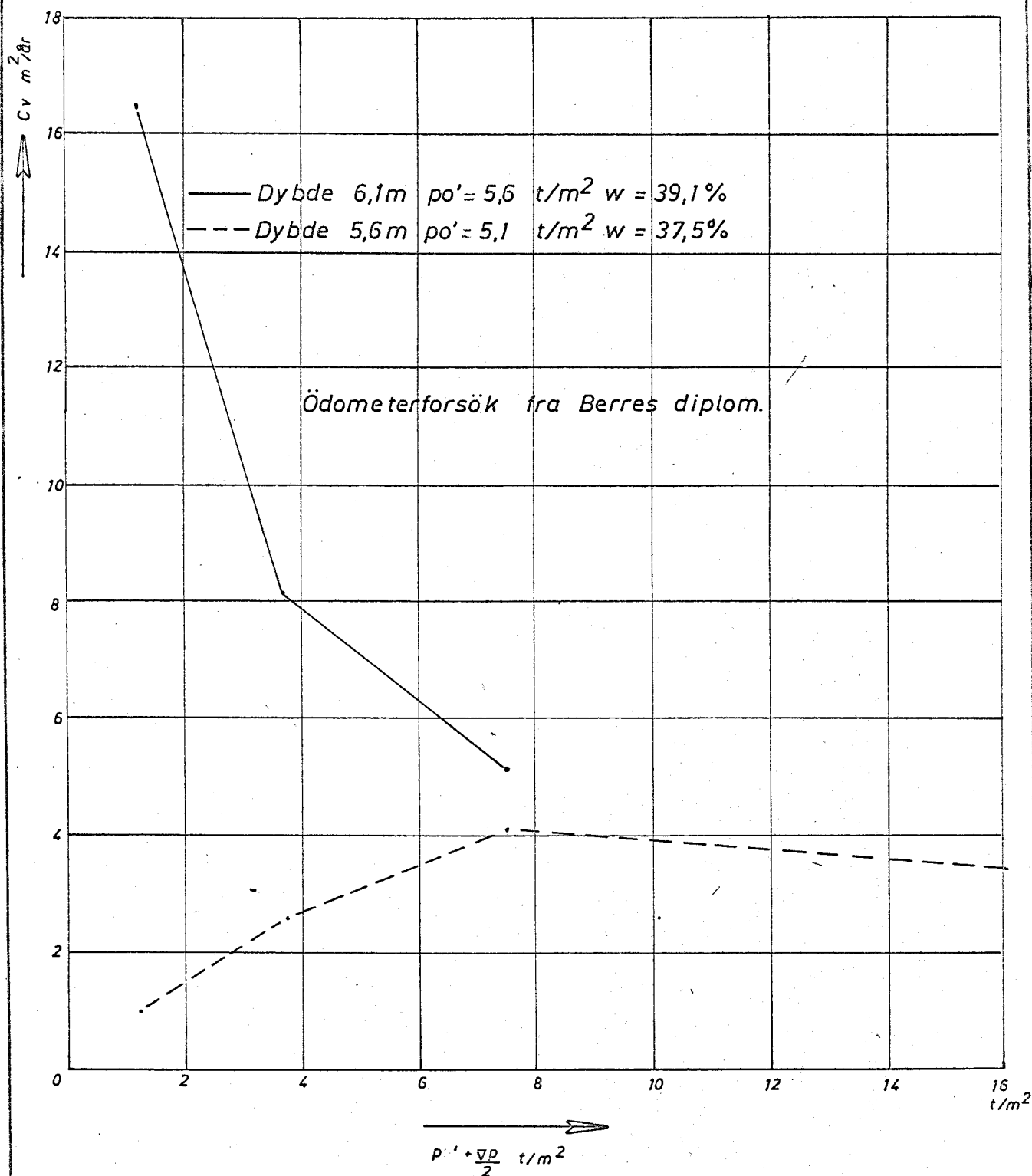
Fundamenteringsvurdering for midtre bygning er behandlet i egen rapport og konkret forslag til prøvefylling vil bli fremlagt pr. brev.

En står således fortsatt til tjeneste.

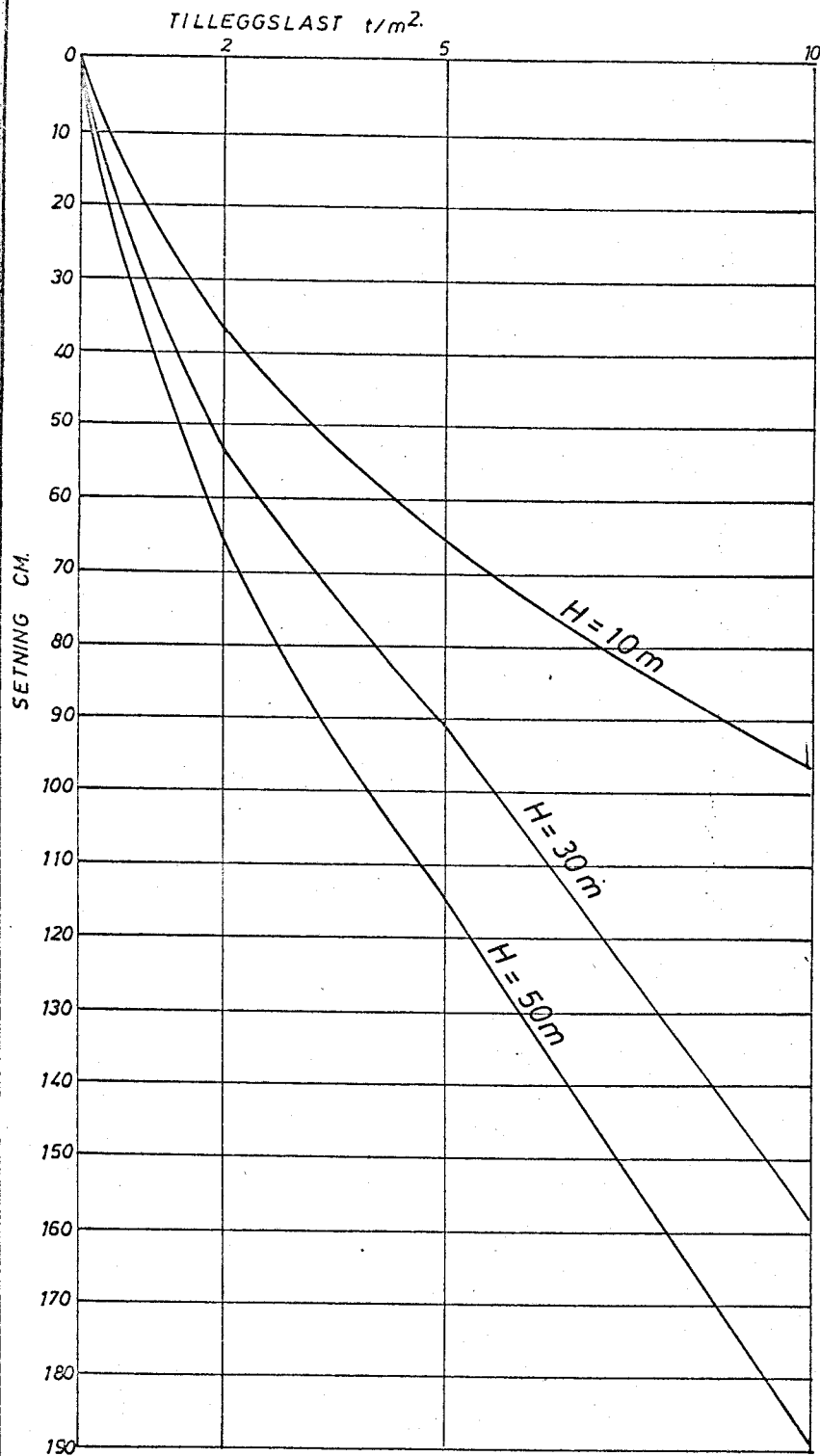
OTTAR KUMMENEJE.

---

Odd A Rye  
Odd A. Rye.

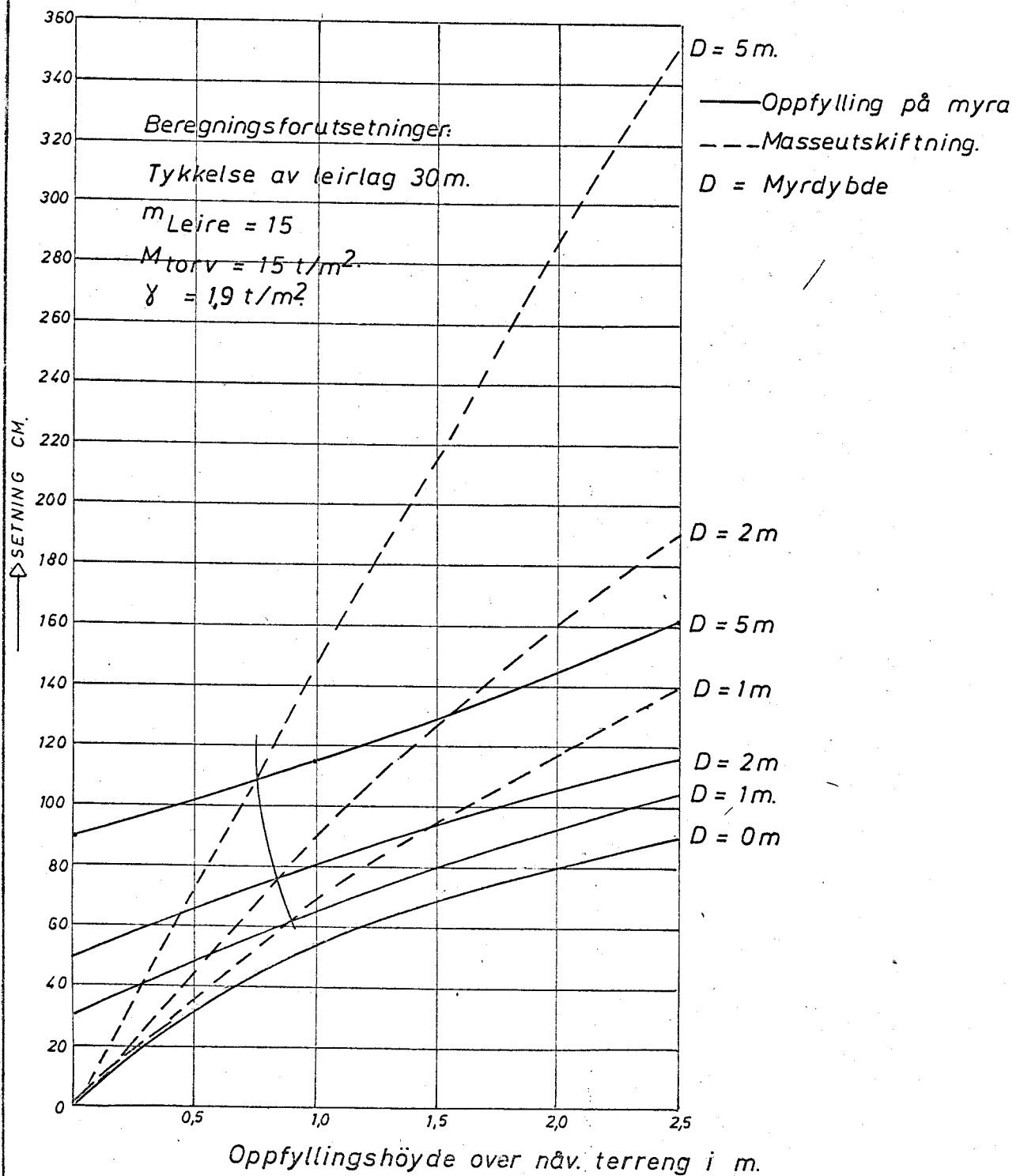


UNIVERSITETET I TRONDHEIM		MÅLESTOKK: —
Beregnete $C_v$ - verdier.		TEGNET AV: O. A. R. S. K.
		DATO: 17/ 3-1972
Rådgiv. ing. OTTAR KUMMENEJE MNIF MRIF TRONDHEIM		OPPDRAG: 0.326 BILAG: 12



Beregnet setninger fra last med uendelig utstrekning.  
 LEIRE  $m = 15$ .  $\gamma = 19 t/m^3$   $\tau = 0,9 t/m^3$ .  
 $H$  = tykkelse av leirlag.

UNIVERSITETET I TRONDHEIM	MÅLESTOKK: —
Setninger i leirlag med forskjellig tykkelse	TEGNET AV: O.A.R. S.K.
	DATO: 15/3-1972
Rådgiv. ing. OTTAR KUMMENEJE MNIF MRIF TRONDHEIM	OPPDRAG. 0.326 BILAG. 13



UNIVERSITETET I TRONDHEIM

MÅLESTOKK:

Eksempel på beregnede  
 setninger med og uten  
 masseutskiftning.

TEGNET AV:

O.A.R. S.K.

DATO:

15 / 3 - 1972

Rådgiv. ing. OTTAR KUMMENEJE

MNIF MRIF  
 TRONDHEIM

OPPDRAG... 0.326...

BILAG... 14...