

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0- 9/64

Disponering av avløpsvann  
fra  
Rogaland Fellessalg,  
Slakterianlegg på Forus.

Forslag til anordning for dyp-  
vannsutslipp i Gansfjorden.

Saksbehandler: Siv.ing. Paul Liseth.

Rapporten avsluttet mai 1965.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E:		Side:
I.	INNLEDNING	3
II.	BESTEMMELSE AV UTSLIPNINGSSSTED	3
	1. Innlagringsprinsipp	3
	2. Valg av utslipningsdyp. Beregning av avløpsvannets fortynning og innlagring	4
	3. Strømforholdene i utslipningsområdet	6
III.	HYDRAULISK DIMENSJONERING AV UTSLIPPET	7
	1. Avløpsvannet i dypvannsutslippet. Valg av dypvanns- ledningens diameter.	7
	2. Beregning av oppstuvning i dypvannsledningens trykk- kammer på land	8
	3. Forslag til utforming av trykk-kammer	9
IV.	SAMMENDRAG	9

F I G U R E R :

1. Tetthet av sjøvann i Gansfjorden
2. Avløpsvannets fortynning og blandingstetthet
3. Oppstuvning i trykk-kammer
4. Prinsippskisse av trykk-kammer

## I. INNLEDNING.

I forbindelse med planleggingen av et slakterianlegg på Forus, Stavanger, har A/L Slakterienes Byggekontor anmodet vårt institutt om å komme med forslag til utslipningssted og utslipningsmåte for avløpsvannet fra slakteriet i Gansfjorden.

Den totale vannføring fra bedriftens område består såvel av overvann som avløpsvann fra de ulike produksjonsavdelinger. Overvannet kan slippes direkte neddykket ut i sjøen ved stranden og medfører derved ingen spesielle problemer. Avløpsvannet fra produksjonsavdelingene vil imidlertid kunne forårsake betydelige forurensninger ved utslipp nær land, og bør derfor ved hjelp av en dypvannsledning føres ut på stort dyp. Det vil da kunne oppnås en effektiv innblanding i de store vannmasser i Gansfjorden. Denne rapport omhandler dypvannsutslippet.

## II. BESTEMMELSE AV UTSLIPNINGSSTED.

### 1. Innlagringsprinsipp.

Vannet i Gansfjorden er lagdelt, med brakkvann nærmest overflaten og tyngre sjøvann mot bunnen. Vannets tetthet tiltar mot dypet og viser en markert gradient i overgangssonen mellom brakkvannet og det tyngre sjøvannet. Denne overgangssonen, som representerer et relativt tynt lag av vannmassen, betegnes som sprangsjiktet.

Ved å slippe avløpsvannet fra slakteriet ut på et visst dyp under sprangsjiktet, vil det på grunn av sin mindre tetthet enn det omkringliggende sjøvann, stige opp mot overflaten. Under denne oppstigende bevegelse som skjer under sterk turbulensdannelse, vil avløpsvannet fortynnes med sjøvann og den blandede vannmengde vil tilta i tetthet. Med en effektiv innblanding av avløpsvannet vil vi kunne oppnå en innlagring av den blandede vannmengde i eller under sprangsjiktet. På denne måten vil man i den vesentlige delen av året unngå at avløpsvannet trenger opp til overflaten og blandes inn i overflatevannet.

Sprangsjiktets beliggenhet varierer med årstidene. I løpet av sommeren har vi vanligvis et dypt og markert sprangsjikt. I vinterhalvåret er tilførselen av ferskvann liten og temperaturen ved overflaten lav. Vi får da et høytliggende sprangsjikt med liten differens i tetthet over og under. Under spesielle klimatiske forhold kan sprangsjiktet om vinteren forsvinne helt, og vi vil da ikke kunne hindre at avløpsvannet trenger opp til overflaten. Variasjoner i utskiftningen av vannmassene med sjøvann fra havet utenfor, vil også kunne påvirke sprangsjiktets beliggenhet og tetthetsforholdene betydelig.

Avgjørende for valg av utslipningsdyp er å sikre en tilstrekkelig fortykning av avløpsvannet for innlagring i eller under sprangsjiktet størst mulig del av året. Ved gjennomtrengning til overflaten bør ikke avløpsvannet kunne forårsake en synlig forurensning av overflatevannet.

## 2. Valg av utslipningsdyp. Beregning av avløpsvannets fortykning og innlagring.

De viktigste faktorer som bestemmer avløpsvannets innlagringsdyp er avløpsvannets fortykning, sprangsjiktets beliggenhet og differensen i tetthet over og under sprangsjiktet.

Fig. 1 viser vannets tetthetsfordeling i utslipningsområdet målt henholdsvis 4/7-64 og 27/4-65. Ut fra disse to målinger er det ikke mulig å beskrive sprangsjiktets beliggenhet og variasjoner til de ulike årstider. Som utgangspunkt for valg av utslipningsdyp kan vi imidlertid tilnærmet anta at kurve 1 representerer sprangsjiktets midlere beliggenhet i sommerhalvåret. I vinterhalvåret må vi regne med at avløpsvannet vil kunne nå opp til overflaten.

Fortynningen av avløpsvannet er en funksjon av høyden over utslipningspunktet, utslipningshullets størrelse og Frouds tall for avløpsstrålen ut fra utslipningshullet.

Følgende likning er benyttet til fortynningsberegninger:

$$\frac{C_m}{C_o} = \frac{\rho_s - \rho_m}{\rho_s - \rho_o} = 9,7 \cdot F^{2/3} \left( \frac{y}{D} + 2 \right)^{-5/3}$$

hvor

$C_m$  = Avløpsvannets konsentrasjon i sentrum av avløpsstrålen i en avstand  $y$  fra utslipningspunktet.

$C_o$  = Konsentrasjon for  $y=0$ .

$\rho_s$  = Sjøvannets tetthet i området mellom sprangsjiktet og utslipningspunktet.

$\rho_o$  = Avløpsvannets tetthet for  $y=0$ .

$\rho_m$  = Avløpsvannets tetthet i en avstand  $y$  fra utslipningspunktet.

$$F = \frac{V_o}{\sqrt{\frac{\rho_s - \rho_o}{\rho_o} g \cdot D}} \quad \text{Frouds tall.}$$

$D$  = Utstrømningshullets diameter.

$y$  = Lengden langs avløpsstrålens akse fra utslipningspunktet.

Forutsetninger:

$$\rho_s = 1.0265 \quad (\text{ifølge fig. 1})$$

$$\rho_o = 1.000$$

Avløpsvannet strømmer ut gjennom dypvannsledningens endeåpning uten noen form for spredning eller dysearrangement. Velger vi dypvannsledningens indre diameter lik 150 mm får vi en beregnet fortynning og oppblandingstetthet som vist på fig. 2.

Det fremgår av fig. 2 at ved å velge et utslipningsdyp på 30 m, vil vi i sommerhalvåret og antageligvis også den vesentlige del av vinterhalvåret få en sikker innlagring av avløpsvannet i sprangsjiktet. I tilfelle gjennomtrengning til overflaten vil avløpsvannet være mer enn hundre ganger fortynnet i sjøvann og vil derved ikke kunne påvirke overflatevannet merkbart. Det anbefales derfor et utslipningssted på 30 m dyp i en avstand ca. 200 m fra land.

Beregningen av avløpsvannets fortynning og innlagring er foretatt under forutsetning av at avløpsvannet er en homogen væske som lar seg fortynne i sjøvann. Inneholder imidlertid avløpsvannet uløselige væsker og faste partikler, vil disse ikke følge avløpsvannets bevegelse, men sedimentere eller flyte opp til overflaten. Sedimenterer større mengder av faste stoffer foran utløpet til dypvannsledningen vil disse etter en tid kunne tette igjen og hindre utslippet. Flytestoffene og lette uløselige væsker blir liggende å flyte i overflatevannet og vil selv ved små mengder være skjemmende. Det er derfor viktig at såvel faste sedimenterbare stoffer som flytestoffer fjernes effektivt før avløpsvannet slippes ut. Særlig er det viktig at fettstoffer blir fjernet i en rikelig dimensjonert fettutskiller.

### 3. Strømforholdene i utslipningsområdet.

Når avløpsvannet stiger oppover og fortynnes, er det hele tiden påvirket av vannstrømmer i de forskjellige dyp. Strømforholdene er av avgjørende betydning for å sikre en kontinuerlig utskiftning av vannmassene i utslipningsområdet.

Det vil alltid være mange faktorer som påvirker vannets bevegelse i en fjord, og den resulterende virkning på strømbildet i forskjellige dyp er komplisert. Imidlertid er det ofte spesielle faktorer som griper dominerende inn i strømbildet som for eks. sjøbunnens topografi, tidevann, trykkbølger, vind, tilstrømmende ferskvann etc. En nøyaktig kartlegging av strømforholdene medfører som regel kostbare og tidkrevende undersøkelser. Vi har her begrenset oss til en kort vurdering av de viktigste faktorer som påvirker strømforholdene i Gansfjorden ut for Forus.

Gansfjorden har sin lengderetning nord-syd. Den har en smalere indre del og utvider seg gradvis nordover. Dypvannsutslippet skal finne sted på fjordens vestside ut for Forus. Sjøbunnen faller her jevnt nedover mot største dyp ca. 70 m. Sjøbunnens topografi ligger best til rette for en inn- og utgående bevegelse av vannmassene i fjordens lengderetning.

Tidevann og trykkbølger gir en inn- og utgående strømbevegelse i fjorden. Den vil ikke forårsake påviselige kompensasjonsstrømmer i lavereliggende dyp.

Vinden gir derimot store muligheter for varierende strømforhold. Om sommeren er den fremherskende vindretning nord-vest. Om vinteren kommer vinden vesentlig fra syd-øst. Vinden setter vannet ved overflaten i bevegelse, som igjen krever en kompensasjonsstrøm i dypereliggende vannlag. De vindpåvirkede vannstrømmer vil kunne føre avløpsvannet inn mot land, særlig vil vi kunne få en hurtig transport av flytestoffer i overflatevannet. Flytestoffer som bringes inn til land samler seg opp i bukter og langs strendene og representerer der en stor forureningsfare. Dette tilsier også en fjerning av flytestoffer i avløpsvannet.

Tidevannsbevegelse, trykkbølger og vinden gir en god utskiftning av vannmassene i utslipningsområdet. Denne utskiftning sikrer oss en hurtig og effektiv transport og fortynning av avløpsvannet ut i de større omkringliggende vannmasser.

### III. HYDRAULISK DIMENSJONERING AV UTSLIPPET.

#### 1. Avløpsvannet i dypvannsutslippet. Valg av dypvannsledningens diameter.

Avløpsmengden fra de ulike produksjonsavdelinger ved slakteriet er avhengig av slaktemengden. Den varierer såvel i løpet av døgnet som til de forskjellige årstider. Ferdig utbygget ved full utnyttelse av slaktekapasiteten vil slakteriet gi en maksimal beregnet avløpsmengde på 25 - 30 l/s. Det antas imidlertid at avløpsmengden i lengre perioder ved små slaktemengder ikke vil øke utover 10 l/s. Dette vil særlig gjøre seg gjeldende under den etappevise utbygging av slakteriet.

Avgjørende for valg av dypvannsledningens diameter er å sikre en tilfredsstillende spyling størst mulig del av driftstiden. Dypvannsledningens minste diameter er begrenset såvel av den maksimale vannføring som av driftsmessige faktorer. Det foreslås benyttet et kunststoffrør med indre diameter 150 mm. Denne rørdimensjon krever en avløpsmengde større enn 10 l/s, for å gi en selvspylende hastighet. Da det ikke er tilrådelig med mindre diameter anbefales at overvann også føres ut i dypvannsledningen i den grad det er nødvendig for å gi en tilfredsstillende spyling. Overvannet vil selv ved liten nedbør gi tilstrekkelig vannføring.

I tørkeperioder uten nedbør må imidlertid avløpsvannet fra produksjonsavdelingene alene besørge spylingen av dypvannsledningen. Det vil da være nødvendig å kunne samle opp avløpsvannet i dypvannsledningens trykk-kammer, og slippe dette støtvis ut.

## 2. Beregning av oppstuvning i dypvannsledningens trykk-kammer på land.

Transporten av avløpsvannet ut i sjøen besørges av en potensiell energi avløpsvannet har før utslipp. Dette gir seg til kjenne ved en oppstuvning av avløpsvann i dypvannsledningens trykk-kammer på land. Oppstuvningen varierer med vannføringen i utslippet, vannstanden i sjøen og tetthetsforholdene i utslipningsområdet. Oppstuvningen i forhold til vannstanden i sjøen betegnes med overhøyde og lar seg beregne på følgende måte:

$$H = \frac{v^2}{2g} + \Delta h + 30 \cdot \Delta \rho$$

hvor

$$H = \text{Overhøyde}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{Kinetisk overhøyde}$$

$$v = \text{Avløpsvannets utstrømningshastighet}$$

$$\Delta h = \text{Friksjonstap}$$

$$30 \cdot \Delta \rho = \text{Overhøyde ifølge tetthetsforskjell mellom avløpsvann og sjøvann ved utslipp på 30 m dyp.}$$

Fig. 3 viser beregnede verdier for overhøyde ved varierende vannføring i utslippet. Det er tegnet inn kurver for høyt og dypt sprangsjikt. Det fremgår av figuren, at for enhver tid å kunne føre en avløpsmengde



på 30 l/s ut i sjøen må vi ha en minste overhøyde på 3,8 m. Maksimal oppstuvning i trykk-kammeret er derved bestemt av et overløp som må ligge 3,8 m over **høyeste** vannstand i sjøen. Ved laveste vannstand i sjøen med dypt sprangsjikt, vil vannføringen i utslippet få sin største verdi ca. 40 l/s.

### 3. Forslag til utforming av trykk-kammer.

Trykk-kammeret må utformes slik at dypvannsledningen til enhver tid fører den totale avløpsmengde fra produksjonsavdelingene samt overvann inntil maksimal vannføring. Overvann som føres inn i dypvannsledningen må først strømme gjennom et sedimenteringsbasseng for å hindre at sand og stein bringes inn i ledningen.

Det er også av stor betydning at luft ikke kan suges inn i dypvannsledningen. Det hindres ved at inntaket til dypvannsledningen legges under laveste vannstand i sjøen, og vil da alltid være neddykket.

Fig. 4 viser i prinsipp hvordan trykk-kammeret kan utformes.

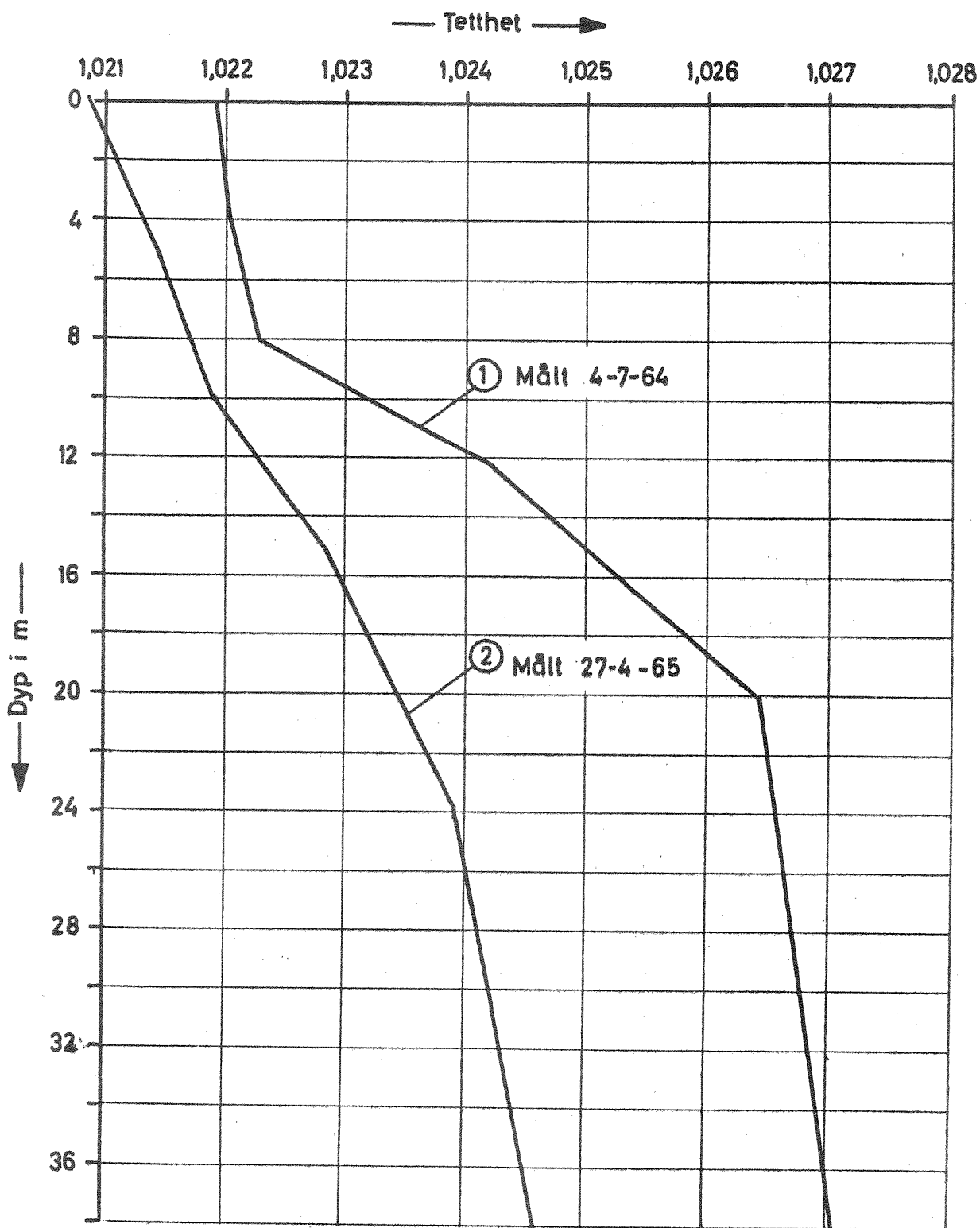
## IV. SAMMENDRAG.

Avløpsvannet fra de ulike produksjonsavdelinger ved slakteriet bør føres ut i en dypvannsledning til 30 m dyp i en avstand ca. 200 m fra land. Det vil da den vesentlige del av året kunne oppnåes en innlagring av avløpsvannet i eller under sprangsjiktet. Ved gjennomtrengning til overflaten vil avløpsvannet være mer enn 100 ganger fortynnet og kan derved ikke påvirke overflatevannet merkbart. Dypvannsledningens diameter er valgt til 150 mm. Det forutsettes at såvel sedimenterbare stoffer som flytestoffer fjernes effektivt før avløpsvannet slippes ut.

Tidevann, trykkbølger og vinden gir en god utskiftning av vannmassene i utslipningsområdet.

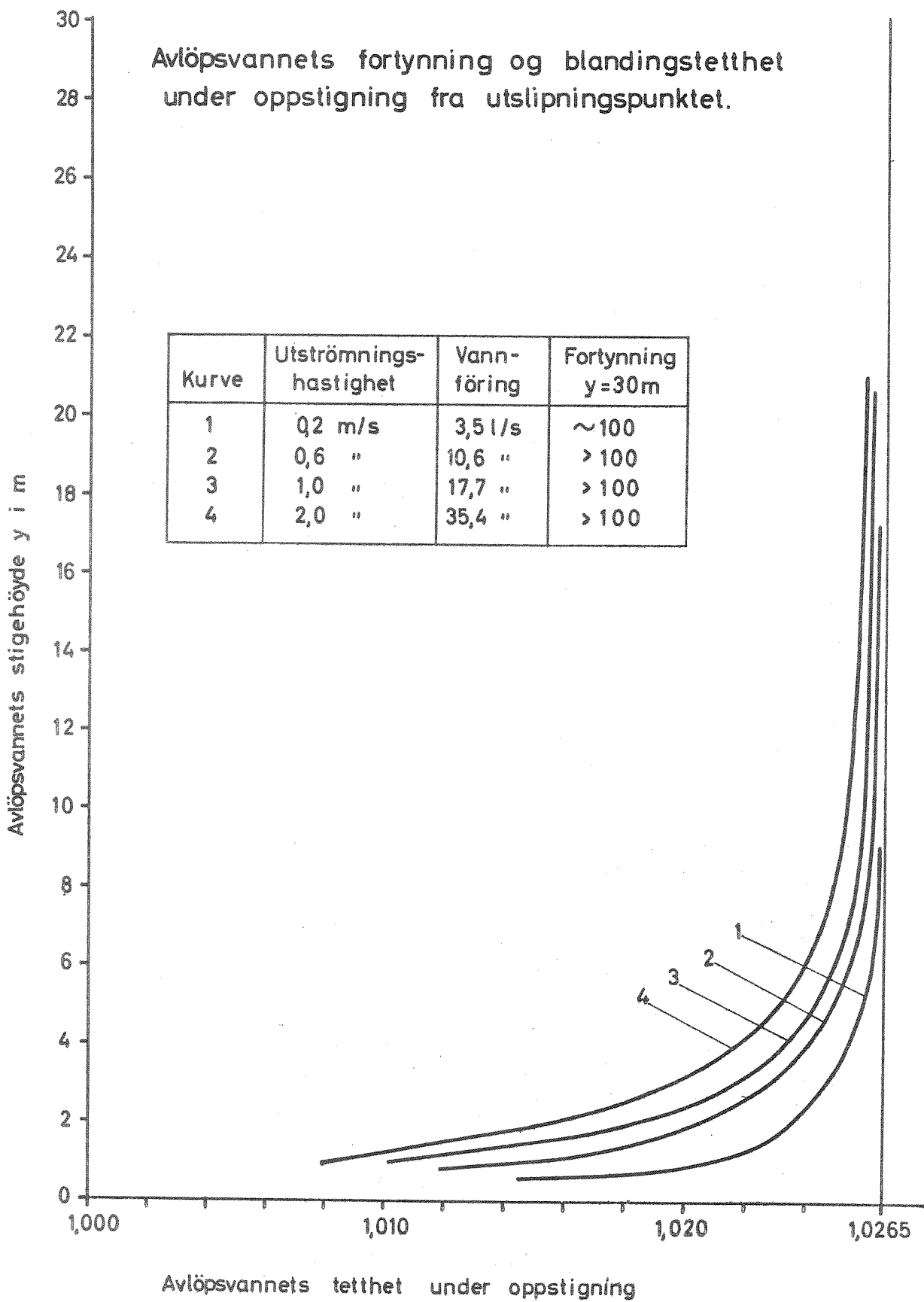
For å sikre en selvspylende hastighet i dypvannsledningen størst mulig del av driftstiden, bør også overvann ledes ut i utslipp i den grad det er nødvendig. Maksimal vannføring varierer fra 30 - 40 l/s og er bestemt i dypvannsledningens trykk-kammer av et overløp 3,8 m over høyeste vannstand i sjøen. Trykk-kammeret utformes slik at den totale avløpsmengde fra produksjonsavdelingene til en hver tid føres ut i dypvannsutslippet. Likeledes er det viktig at luft ikke kan suges inn i dypvannsledningen.

# Sjövannets tetthet målt i Gansfjorden ut for Forus.



P.L./b.b.

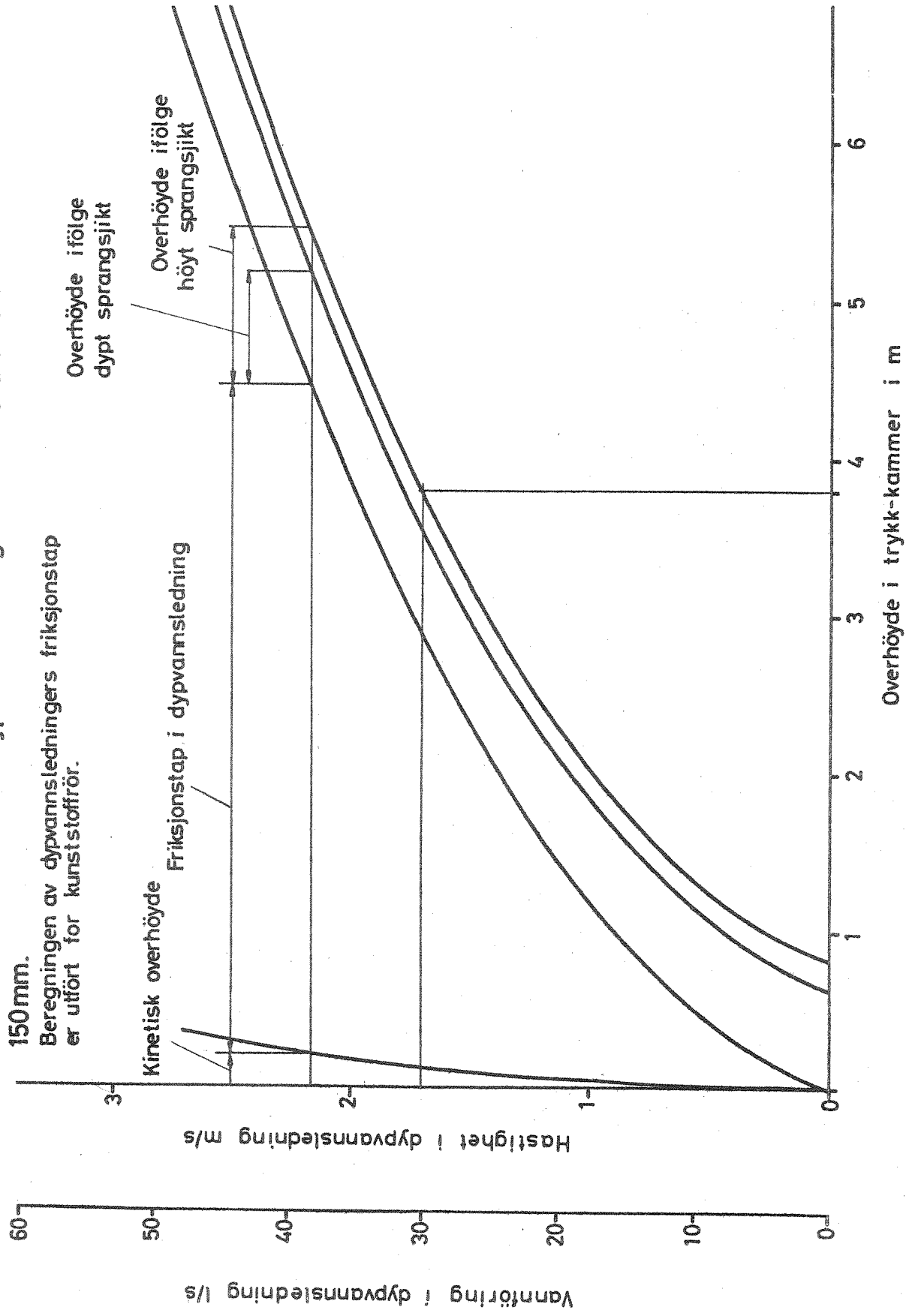
Avløpsvannets fortytning og blandingstetthet  
under oppstigning fra utslipningspunktet.



PL/UJ

Oppstuvning i trykk-kammer ved føring av avløpsvann  
 200m ut fra land i en dypvannsledning med indre diameter  
 150mm.

Beregningen av dypvannsledningens friksjonstap  
 er utført for kunststoffrør.



PL/lji

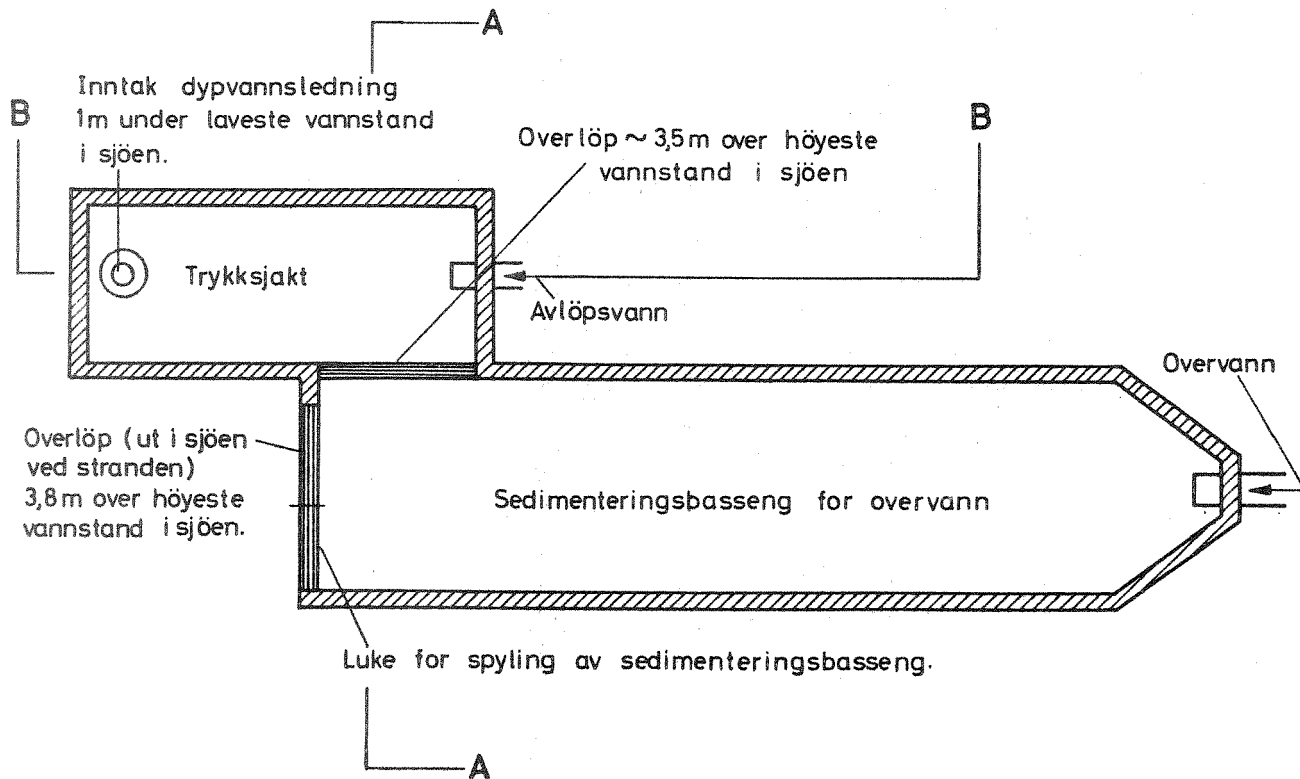
NORSK INSTITUTT FOR  
 VANNFORSKNING  
 BLINDERN

Oppstuvning i  
 trykk-kammer

Fig.3

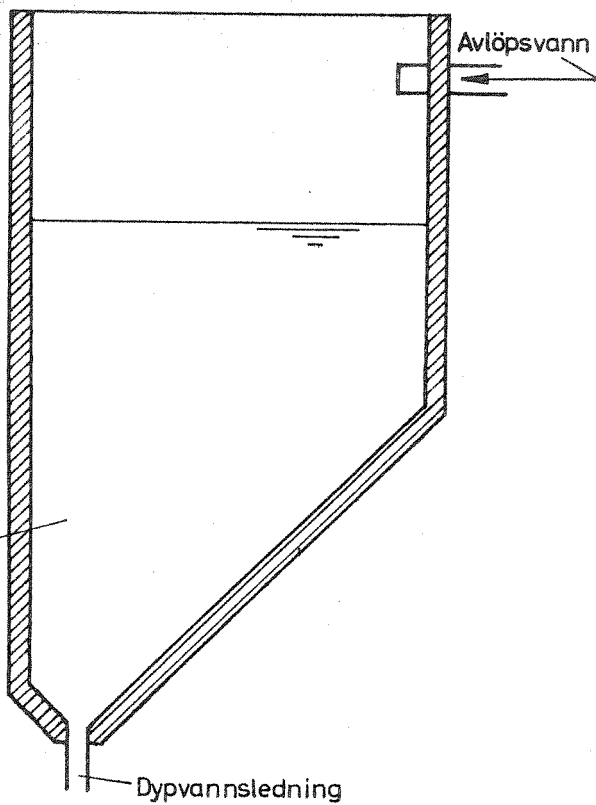
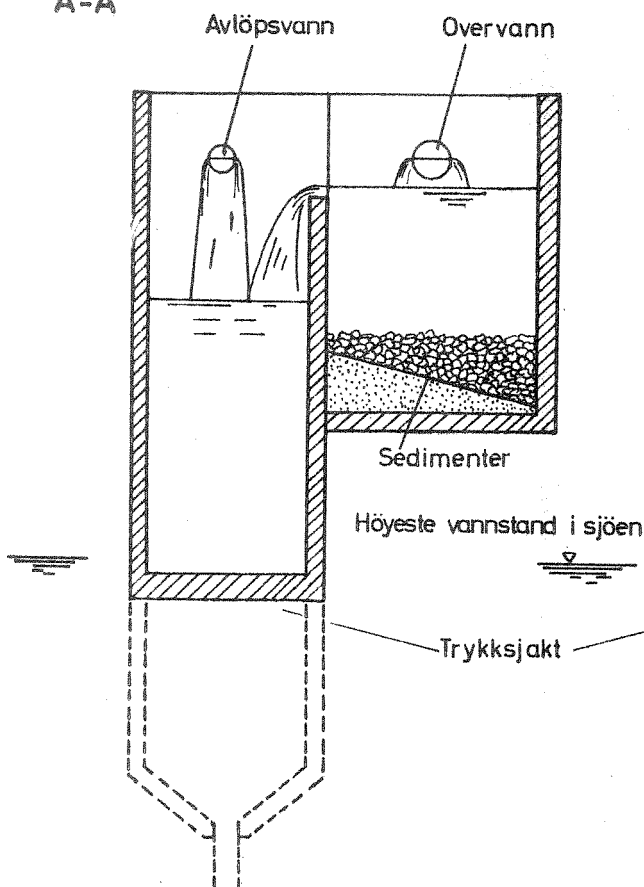
Nr. O-964 3251

# Dypvannsledningens trykk-kammer.



A-A

B-B



PL / Iij

NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

Prinsippskisse av  
trykk-kammer.

Fig.4

Nr. O-964 3253