

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0 - 275

En vurdering av prinsipielle løsninger  
til anordninger for dypvannsutslipp i  
Gannsfjorden av kloakkvann fra Hetland  
Kommune.

Saksbehandler: Siv.ing. T. Simensen  
Rapporten avsluttet i mai 1963.

INNLEDNING

Norsk Institutt for Vannforskning er av Hetland Kommune blitt anmodet om å avgi en vurdering av de prinsipielle løsninger til anordninger for disponering av tre hovedkloakkutslipp i Gannsfjorden. De tre utslippene som vurderingen gjelder er hovedkloakkene ved Jåttåvågen, Mariero og Gausel. Med Gannsfjorden som resipient, og med de gode fortynningsmuligheter som det innebærer, vil det være økonomisk riktig å benytte en enkel form for rensing, men derimot relativt lange uttreksledninger for å føre kloakkvannet ut på dypt vann.

Følgende rapport angir nødvendig grad av rensing samt dyp og posisjon for de tre utslippene. Vurderingen er basert på de hensyn vi har funnet det riktig å ta til bading og annen rekreasjonsmessig virksomhet i området.

VURDERINGSGRUNNLAGET

De tre utslippene er antatt å befordre kloakkvann fra følgende antall mennesker:

1. Jåttåvågen	-	20000
2. Mariero	-	15000
3. Gausel	-	3000

Det vil dessuten føres overvann frem til disse punktene idet alle kloakkledninger er lagt etter kombinertsystemet.

For beregning av midlere kloakkvannsføring forutsettes det et vannforbruk på 250 l/ind.d.

Maksimal kloakkvannsføring er satt til 3x den midlere.  
Minste kloakkvannsføring er satt til 0,3x den midlere.

Dybdeforholdene i den angjeldende del av Gannsfjorden er basert på draft fra Norges Sjøkartverk datert april 1962 og kart i mål 1 : 10000, med inntegnede dybdesnitt, fra Hetland kommunale ingeniørvesen datert 11/4-1962 (Fig. 1).

Den hydrografiske situasjonen i området er vurdert på grunnlag av tre observasjonsserier av temperatur og salinitet foretatt av Havforskningsinstituttet i Bergen. Dataene er stilt til rådighet av avd. leder dr.philos. J.K. Eggvin ved denne institusjonen, og er fremstilt grafisk i fig. 2.

### KRAV SOM DYPVANNsutSLIPPENE SKAL TILFREDSSTILLE

For at dypvannsutslippene skal tjene hensikten bør det

1. av estetiske grunner aldri kunne finnes flytende partikulært materiale på overflaten over utslipningspunktene som kan påvises å stamme fra kloakkvannet.
2. av hensyn til badelivet i området, og da spesielt badeplassen ved Vaulen, til enhver tid i løpet av badesesongen, foreligge en fortykning av kloakkvannet på 1000 - 10000 ganger innen dette er ført frem til badestedene.

### NØDVENDIGE RENSETILTAK

De nødvendige rensertiltakene er i første rekke bestemt av punkt 1. ovenfor, idet alt flytende partikulært materiale må fjernes fra kloakkvannet, i et mekanisk anlegg, for dette føres ut i en dypvannsledning. Av denne grunn vil graden av rensing være den samme for alle tre utslippene. En slik fjerning vil antageligvis enklest kunne skje i et flotasjonsanlegg, hvor vannet har en forholdsvis kort oppholdstid. Både av hensyn til flotasjonsprosessen samt etterfølgende pumpeanlegg og diffusor ved enden av dypvannsledningen er det ønskelig å innstallere en kvern foran flottasjonsenheten.

Alt slam av organisk natur vil kunne føres ut i sjøen via dypvannsledningen idet man ikke behøver å vente seg ubehageligheter som følge av slamavsetninger på bunnen i området omkring utslipningspunktet. Med de store mengdene med oksygenholdig vann som man vil finne i alle dyp i dette området vil det foregå en relativt hurtig nedbrytning av det organiske stoffet som avsettes.

Av hensyn til driften av dypvannsledningen er det sannsynlig at en fjerning av sand vil være riktig. Dette bør imidlertid vurderes på bakgrunn av hvilke sandmengder man vil kunne vente tilført ledningssystemet.

Med det kombinerte kloakksystemet som foreligger vil det være nødvendig å avlaste alle vannmengder som overskrider en valgt verdi, direkte til sjøen gjennom en, til alle tider, vel neddykket overvannsledning. Hvilke renvannsmengder som vil bli avlastet gjennom et regnvannsoverløp kan beregnes ved å kjenne til nedbor og avlopsforholdene.

I de tilfellene hvor det er nødvendig å pumpe kloakkvannet via dypvannsledningen kan man under regnvær redusere forurensningen fra slike overløp vesentlig ved f.eks. å benytte åpne eller lukkede fordroyningsbassenger. Ved en slik anordning vil det over lengre tidsrum pumpes kontinuerlig en vannmengde lik 3x den midlere.

En skjematisk fremstilling av de nødvendige rensetiltakene er vist i fig. 3.

#### PRINSIPP FOR VURDERING AV DYPVANNSUTSLIPP

En fastsetting av hvor de tre dypvannsledningene bør plasseres må i første rekke baseres på den fortynningen man ønsker å oppnå.

Største graden av fortynning vil finne sted ved at kloakkvannet, som følge av at det er lettere enn saltvannet, stiger opp mot overflaten.

Hvis dette fortynnede kloakkvannet vil nå helt opp til overflaten, medfører en horisontal vindtransport av denne vannmassen en fortsatt fortynning. Ved derfor å kjenne til den hydrografiske situasjonen på stedet, altså visse fysikalske egenskaper for den vannmassen som kloakkvannet skal fortynnes i, samt at det foreligger beregningsmetoder hvorved man noen-

lunde kan fastslå spredninger av kloakkvannet, skal utslipningspunktet kunne fastsettes såvel i det horisontale som vertikale plan for at man skal oppnå den fortynningen man ønsker.

#### HYDROGRAFISKE FORHOLD:

I fig. 2 er det trukket opp tre kurver for saltvannets tetthet i Gannsfjorden. Verdiene er tegnet opp som funksjon av dyp, og det fremgår at det er vesentlige tetthetsvariasjoner fra overflaten og ned til 50 - 70 m. Kurvene gjengir observasjoner fra tre forskjellige år, og vi ser også at det er markerte forskjeller fra et år til et annet.

Mens to av kurvene gjengir forholdet i løpet av sommerhalvåret gir den tredje et noe avvikende forhold for senvinter.

Grunnen til en noe høyere tetthet i overflaten for denne vintersituasjonen kan antagelig forklares ved at ferskvannstilførselen er mindre på vintertiden.

Disse tre kurvene er det eneste observasjonsmaterialet vi har for Gannsfjorden. Som grunnlag for en fastsettelse av kloakkdisponeringen i området representerer dette et svakt hydrografisk grunnlag idet kurvene ikke nødvendigvis representerer typiske situasjoner.

Andre observasjoner som vil være av stor betydning i denne sammenheng er strømmålinger på forskjellige dyp, ved de stedene i fjorden hvor man regner med å anordne dypvannsutslipp. Slike målinger er ikke foretatt i området.

Som det fremgår av kurvene i fig 2 har sjovannet en vesentlig høyere tetthet enn kloakkvannet. Ved å slippe ut kloakkvannet på et visst dyp under overflaten vil dette på grunn av oppdriften stige mot overflaten og derved blandes og fortynnes med sjovann. Med det sterke spranget i tetthet som opptrer ved 10 - 20 m dyp på kurvene for sommersituasjonen (fig.2) vil man, ved å slippe ut kloakkvannet tilstrekkelig dypt under dette nivået, kunne oppnå en tilstrekkelig stor fortynning til at kloakkvannet vil

lagres inne under dette sprangsjiktet. Derfra vil det så spres ut i horisontal retning avhengig av strømforholdene på dette spesielle dypet. Hvis disse strømmene er rettet mot land vil det fortynnede kloakkvannet relativt hurtig kunne fraktes frem dit og som følge av turbulens diffundere i vertikal retning gjennom sprangsjiktet.

På bakgrunn av det begrensede hydrografiske materialet som foreligger er det imidlertid utelukket å kunne forutsi hvorvidt man vil oppnå en innlagring under sprangsjiktet, langt mindre å kunne foreta en beregning av de fortynningene man i så tilfelle vil oppnå innen vannet er fraktet inn til land.

På den annen side må man kunne anta at de ugunstigste fortynningsforholdene vil opptre i det tilfellet kloakkvannet stiger helt til overflaten og derfra transporteres med vindinduserte strømmer mot land.

#### FORELØPIGE BEREKNINGER

I de følgende beregninger er det forutsatt at kloakkvannet vil stige helt til overflaten samtidig som det er valgt et utslipningsdyp på 50 m for derved å kunne gjøre nytte av et sprangsjikt som trolig finnes på den tiden av året da det er ønskelig med en maksimal fortynning.

##### A. Jåttåvågen.

$$Q_{\text{Mid.}} = \frac{250 \cdot 20000}{86400} = 58 \text{ l/sek}$$

$$Q_{\text{Maks.}} = Q_{\text{Mid.}} \cdot 3 = 175 \text{ l/sek}$$

$$Q_{\text{Min.}} = Q_{\text{Mid.}} \cdot 0,3 = 17 \text{ l/sek.}$$

For dypvannsledningen forutsetter vi en vannhastighet

$$V_M = 1,25 \text{ m/sek ved vannføringen } Q_{\text{Mid.}}$$

Ønskelig rørtverrsnitt:

$$A = \frac{0,058 \text{ m}^3/\text{sek.}}{1,25 \text{ m/sek.}} \approx 0,0465 \text{ m}^2$$

$$\text{Diam.} = 10'' = 0,25 \text{ m gir } A = 0,049 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{Maks.}} = \frac{0,175 \text{ m}^3/\text{sek}}{0,049 \text{ m}^2} \approx 3,6 \text{ m/sek}$$

Denne maksimale hastigheten gir et trykktap på ca. 36 ‰.

Diffusor:

På enden av dypvannsledningen anordnes en såkalt diffusor for å bidra til en best mulig spredning av kloakkvannet. Diffusorarrangementet består av et nødvendig antall perforeringer på oversiden av rørledningen pluss en åpning i endeflaten, formet som en sirkelsektor i rørets nedre halvdel. Denne sektorformede åpningen skal tjene til utspyling av eventuelt slam som måtte avsette seg på bunnen av ledningen.

$$\text{Åpning i rørende} = \frac{A}{4}$$

Perforeringen på oversiden av rørledningen dannes av hullåpninger med diam. = 5 cm i en innbyrdes avstand av 5,5 m. Hullene plasseres slik at de ikke blir stående rett overfor hverandre på hver side av røret. D.v.s. at hullene på samme side får en innbyrdes avstand på 11 m.

Totalt areal av hullåpninger settes lik  $A/3 \approx 0,016 \text{ m}^2$ . Dette gir et antatt hull av 9.

Beregning av fortynningseffekter:

a) Initialfortynning

Forholdet mellom kloakkvannskonsentrasjonen i diffusorutløpene ( $C_0$ ) og i en høyde  $y$  over diffusoren ( $C_m$ ) kan beregnes ved

hjelp av følgende likning:

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

hvor  $d$  = diameteråpning for hullene på sidene av røret og  $F$  = Froudes tall beregnet i hulltverrsnittet.

$$F(Q_m) = \frac{0,058 / \left(9 \times \frac{\pi}{4} (0,05)^2\right)}{\sqrt{\left(\frac{1,026 - 1,000}{1,000}\right) 9,81 \cdot 0,05}} = 38$$

$$F(Q_{maks.}) = F(Q_m) \cdot \frac{0,175}{0,058} = 114$$

Som følge av det sparsomme hydrografiske observasjonsmaterialet og derved den store usikkerheten som på dette punkt må innføres, ser vi bort fra effekten av sprangsjiktet. Vi antar videre at initialfortynningen skjer i de nedre 30 m som følge av interferens mellom de forskjellige diffusoråpningene.

På denne bakgrunn er initialfortynningene beregnet for midlere og maksimal vannføring i rørledningen.

$$\left(\frac{C_o}{C_m}\right)_{Q_m} = \frac{\left(\frac{30}{0,05} + 2\right)^{5/3}}{9,7 (38)^{2/3}} = 390$$

$$\left(\frac{C_o}{C_m}\right)_{Q_{maks.}} = \left(\frac{C_o}{C_m}\right)_{Q_m} \cdot \left(\frac{38}{114}\right)^{2/3} = 190$$

#### b) Overflatefortynning

Den fortynningen som forårsakes ved at vindinduserte strømmer transporterer en forurensningsmengde i overflatelaget av en vannmasse kan beregnes ved hjelp av diagrammet i fig. 4.



I diagrammet er det benyttet symboler med følgende betydning:

$k$  = diffusjonskoeffisienten som antas å være en funksjon av kloakkfeltets bredde, som igjen er en funksjon av avstanden fra nullpunktet.

$$= 0.01 L^{4/3} \text{ (cm}^2\text{/sek)}$$

$x$  = avstanden fra nullpunktet til det punktet i horisontalplanet som skal vurderes (cm)

$U$  = den vannhastighet som benyttes for beregningene (cm/sek)

$b$  = kloakkfeltets bredde når  $x = 0$  (cm).

Antar vi at diffusorens lengde, og dermed kloakkfeltets bredde når  $x = 0$  er 50 m kan  $k_0$  beregnes

$$k_0 = 0.01 (5000)^{4/3} = 845 \text{ cm}^2\text{/sek.}$$

Etter en undersøkelse av de statistisk bearbejdede vindobservasjonene fra Sola, er den maksimale vindhastighet i løpet av badesesongen (SØ) fastsatt til ca. 12 m/sek. Vannhastigheten er så antatt å være 2% av vindhastigheten. D.v.s.  $U = 25$  cm/sek.

Velger vi så et utslipningspunkt som er i avstand av 1500 m fra Vaulen får vi

$$\frac{12 k_0 x}{U \cdot b^2} = 2.45 \text{ hvilket i henhold til diagrammet i fig 4.}$$

gir en fortynningsfaktor  $\approx 3.1$ .

Den totale fortynning vi oppnår ved Vaulen ved maksimal vannføring i rørledningen er da

$$190 \times 3.1 \approx 600 \text{ ganger.}$$

Dette resultatet gjelder for stabile komponenter i kloakkvannet. Regner vi imidlertid med at 90% av de coliforme organismene vil dø i løpet av 5 timer må den beregnede fortynningen multipliseres med en faktor  $10^{t/T_{90}}$  hvor  $t$  = transporttiden fra utslippet til Vaulen og  $T_{90}$  = tiden det tar for 90% av organismene dør. ( $T_{90} = 5$  timer må anses for å være et konservativt tall).

Fortynningen vi oppnår ved Vaulen, basert på coliforme organismer, er da

$$600 \times 2.15 \approx \underline{1500 \text{ ganger.}}$$

B. Mariero:

$$Q_{\text{Mid.}} = \frac{250 \cdot 15000}{86400} \approx 43 \text{ l/sek.}$$

$$Q_{\text{Maks.}} = Q_{\text{Mid.}} \times 3 = 129 \text{ l/sek.}$$

$$Q_{\text{Min.}} = Q_{\text{Mid.}} \times 0,3 = 13 \text{ l/sek.}$$

Ønskelig rørtverrsnitt:

$$\Lambda = \frac{0.043 \text{ m}^3/\text{sek}}{1,25 \text{ m/sek}} \approx 0.07 \text{ m}^2$$

$$\text{Diam.} = 8'' = 0.20 \text{ m gir } \Lambda = 0.0314 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{Maks.}} = \frac{0.129 \text{ m}^3/\text{sek}}{0.0314 \text{ m}^2} = 4.10 \text{ m/sek}$$

Maksimalt trykktap er da ca. 60%

Diffusor:

$$\text{Åpning i rorende} = \frac{\Lambda}{4}$$

Hullåpninger på oversiden av røret med diam. = 5 cm i avstand c/c = 5 m.

Totalt areal av hullåpninger er  $\frac{\Lambda}{3} \approx 0.0105$

Antall hull er 6.

Fortynningseffekter:

a) Initialfortynning

$$F(Q_m) = \frac{0.043 / (6 \times \frac{\pi}{4} (0.05)^2)}{\sqrt{\left(\frac{1.026 - 1.000}{1.000}\right) 9,81 \cdot 0.05}} = 32.4$$

$$F(Q_{\text{maks}}) = F(Q_m) \frac{0.129}{0.043} = 95.0$$

Vi antar igjen at utslippet legges på 50 m dyp, men at initialfortynningen skjer i de nedre 30 m.

$$\left(\frac{C_0}{C_m}\right)_{Q_m} = \frac{\left(\frac{30}{0.05} + 2\right)^{5/3}}{9.7 (32.4)^{2/3}} = 435$$

$$\left(\frac{C_0}{C_m}\right)_{Q_{\text{maks}}} = \left(\frac{C_0}{C_m}\right)_{Q_m} \cdot \left(\frac{32.4}{95.0}\right)^{2/3} = 210$$

#### b) Overflatefortynning

Med en diffusor på 30 m er

$$k_o = 0.01(3000)^{4/3} = 436 \text{ cm}^2/\text{sek.}$$

Den ugunstigste vindretningen i løpet av badesesongen er i dette tilfellet nordlig. I henhold til de statistiske bearbejdede observasjonene fra Sola vil ikke vindhastigheten, med retning fra nord, overskride 10 m/sek mer enn ca. 1% av tiden. Med en antatt vannhastighet 2% av vindhastigheten er  $U = 20 \text{ cm/sek.}$

Med utslipningspunktet ca. 1.000 m fra Vaulen blir

$$\frac{12 \cdot k_o \cdot x}{U \cdot b^2} = 2.71 \text{ som gir en fortynningsfaktor } \approx 3.5.$$

Den totale fortynning av kloakkvannet innen det når Vaulen badeplass er da  $210 \times 3.5 \approx 735$  ganger beregnet for maksimal vannføring. Tar vi så i betraktning en "dieoff rate" tilsvarende  $T_{90} = 5$  timer blir fortynningen basert på coliforme organismer

$$1500 \times 10^{1,4/5} = \underline{1400 \text{ ganger}}$$

#### C. Gausel:

$$Q_{\text{Mid.}} = \frac{250 \cdot 3000}{86400} \approx 8.5 \text{ l/sek.}$$

$$Q_{\text{maks.}} = Q_{\text{Mid.}} \times 3 \approx 25 \text{ l/sek.}$$

$$Q_{\text{Min.}} = Q_{\text{Mid.}} \times 0,3 \approx 2,5 \text{ l/sek.}$$

Ønskelig rørtverrsnitt:

$$\Lambda = \frac{0.0085 \text{ m}^3/\text{sek}}{0.60 \text{ m/sek.}} = 0.014 \text{ m}^2$$

$$\text{Diam.} = 5'' = 12.5 \text{ cm gir } \Lambda = 0.0123 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{maks.}} = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{sek}}{0.0123} \approx 2 \text{ m/sek}$$

Maksimalt trykktap er da 28%.

Diffusor:

$$\text{Åpning i rørende} = \frac{\Lambda}{4}$$

Hullåpninger på oversiden av røret med diam. = 5 cm i avstand  
c/c = 4 m.

$$\text{Totalt areal av hullåpninger} = \frac{\Lambda}{2} \approx 0.006 \text{ m}^2$$

Antall hull = 4.

Fortynnings-effekter:

a) Initialfortynning

$$F_{(Q_m)} = \frac{0.0085 / (4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0.05^2)}{\sqrt{\left(\frac{1.026 - 1.000}{1.000}\right) 9.81 \cdot 0.05}} = 9.5$$

$$F_{(\text{Maks.})} = F_{(Q_m)} \cdot \frac{0.025}{0.0085} = 28.5$$

Med utslippet på 50 m dyp og en initialfortynning begrenset til de nedre 30 m er

$$\left(\frac{C_0}{C_m}\right)_{Q_m} = \frac{\left(\frac{30}{0.05} + 2\right)^{5/3}}{9.7 (9.5)^{2/3}} = 985$$

$$\left(\frac{C_0}{C_m}\right)_{Q_{\text{maks.}}} = \left(\frac{C_0}{C_m}\right)_{Q_m} \cdot \left(\frac{9.5}{28.5}\right)^{2/3} = 475$$

b) Overflatefortynning

Med en diffusorlengde på 16 m er

$$k_0 = 0.01 (1600)^{4/3} = 186 \text{ cm}^2/\text{sek.}$$

For å beskytte strandområdet ved Gauselutslippet benytter vi NØ-vindretning, som målgivende og setter en vindhastighet på 4 m/sek. som det maksimale.

Dette gir da en antatt maksimal vannhastighet  $U = 8 \text{ cm/sek.}$

Med utslipningspunktet ca. 600 m fra land blir

$$\frac{12 k_c x}{U \cdot b^2} = 6.65 \text{ som gir en fortynningsfaktor } \approx 9.$$

Den totale fortynningen ved strandbredden er da  $475 \cdot 9 \approx 4300$  ved maksimal kloakkvannsmengde.

Med samme "dieoff rate" som tidligere blir fortynningen basert på coliforme organismer

$$4300 \times 10^{2.08/5} = \underline{11200 \text{ ganger}}$$

### KONKLUSJON

1. Av økonomiske grunner vil det være riktig å fore alt kloakkvannet fra området ut på dypt vann i sjøen fremfor å benytte vidtgående rensing, og derved en mindre komplisert uttrekksanordning.

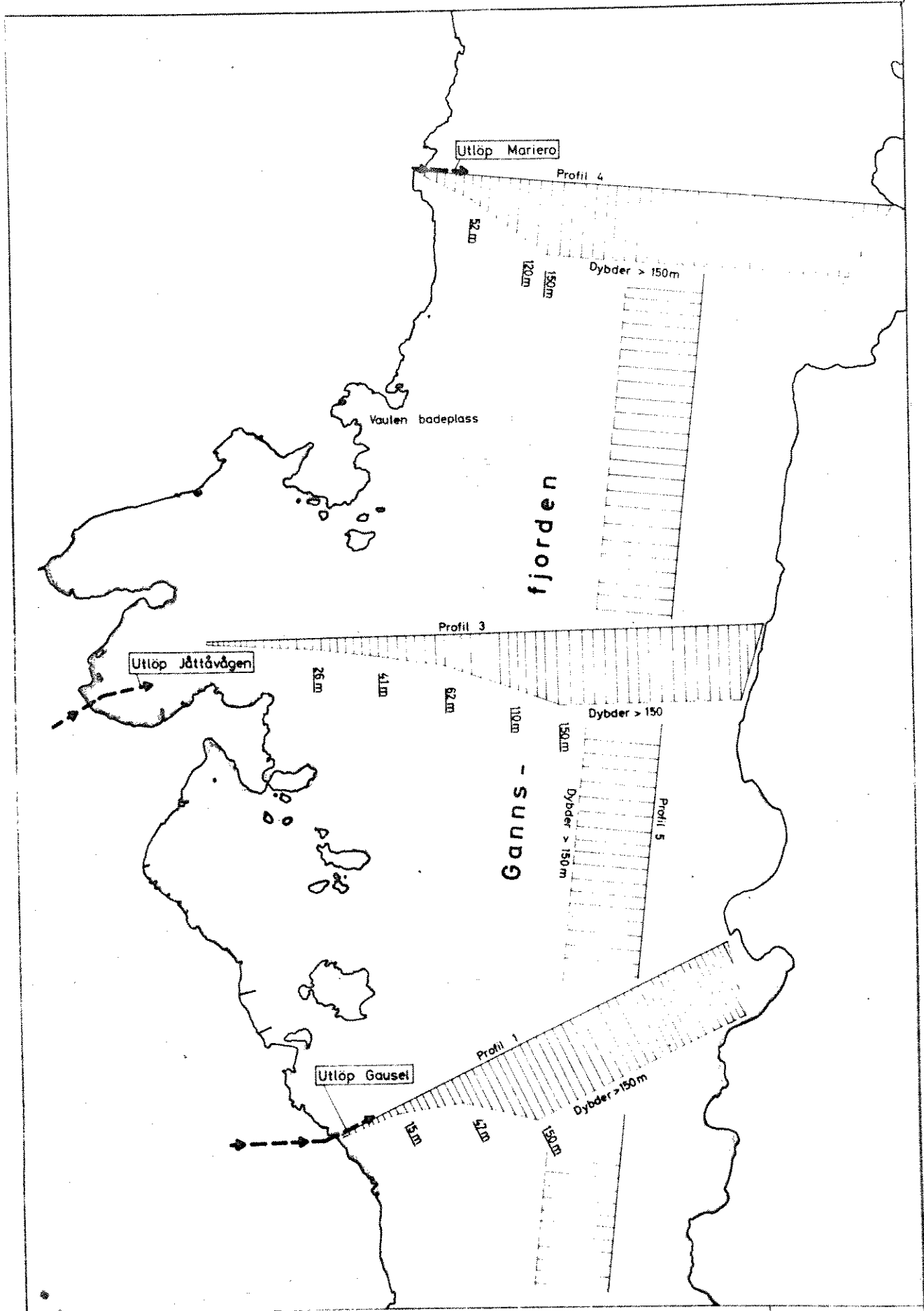
2. I forbindelse med et dypvannsutslipp bør alle flytende

partikulære stoffer fjernes fra kloakkvannet før dette føres ut i sjøen. Av driftsmessige hensyn bør et sandfang og en kvern føres inn i systemet. Dette kan eksempelvis gjøres i henhold til prinsippskissen som er vist i fig. 3.

3. På grunnlag av visse antatte hydrografiske parametere er det foretatt en forelopig beregning av mulige fortyninger av kloakkvannet for å sikre de tilstøtende strandområder mot utilfredsstillende hygieniske forhold. Ved hjelp av disse beregningene er dypvannsutslippene plassert som vist i fig. 5.

#### RETNINGSLINJER FOR VIDERE ARBEID

1. For endelig planlegging kan finne sted bør det
  - a) foretas tetthetsmålinger i ulike dyp ved forskjellige årstider.
  - b) måles hvordan strømforholdene ved de tre utslipningsstedene varierer som funksjon av tidevann og ulike vindforhold.
2. For å kunne planlegge foringen for og leggingen av dypvannsledningene må bunnforholdene på de respektive stedene nøyaktig kartlegges.
3. Av hensyn til dimensjoneringen av renseanleggene og dypvannsledningene bør det foretas målinger av hvilke vannmengder, man må regne med vil bli tilført anleggene som kloakk-, infiltrasjon- og overflatevann.
4. For å fastsette hvilken innflytelse kloakkutslippene fra Stavanger by har på vannkvaliteten ved badestedene i Gannsfjorden bør det foretas en grundig bakteriologisk undersøkelse av fjordvannet. Et slikt observasjonsmateriale må kunne settes i forhold til samtidige observasjoner av strømforhold.

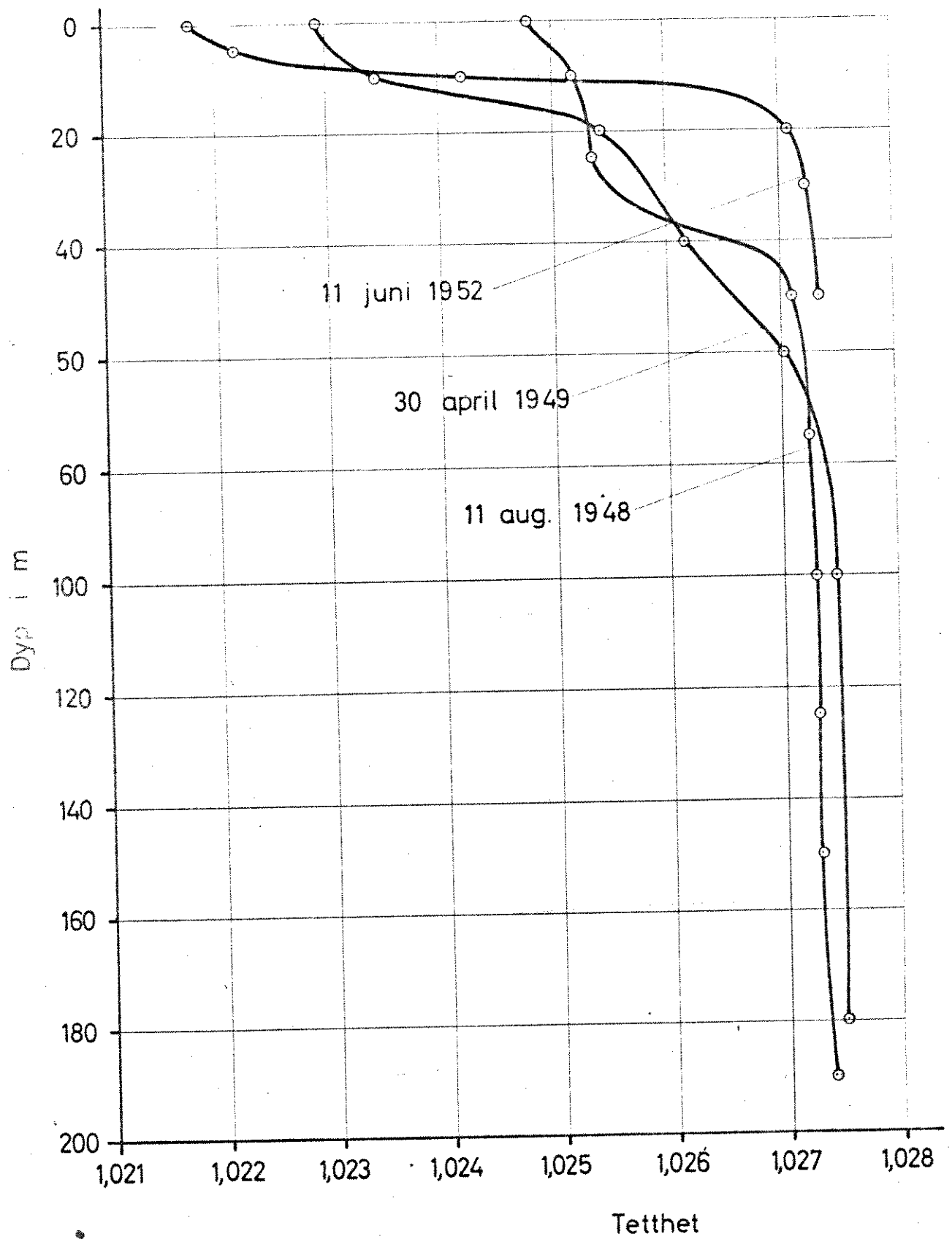


NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

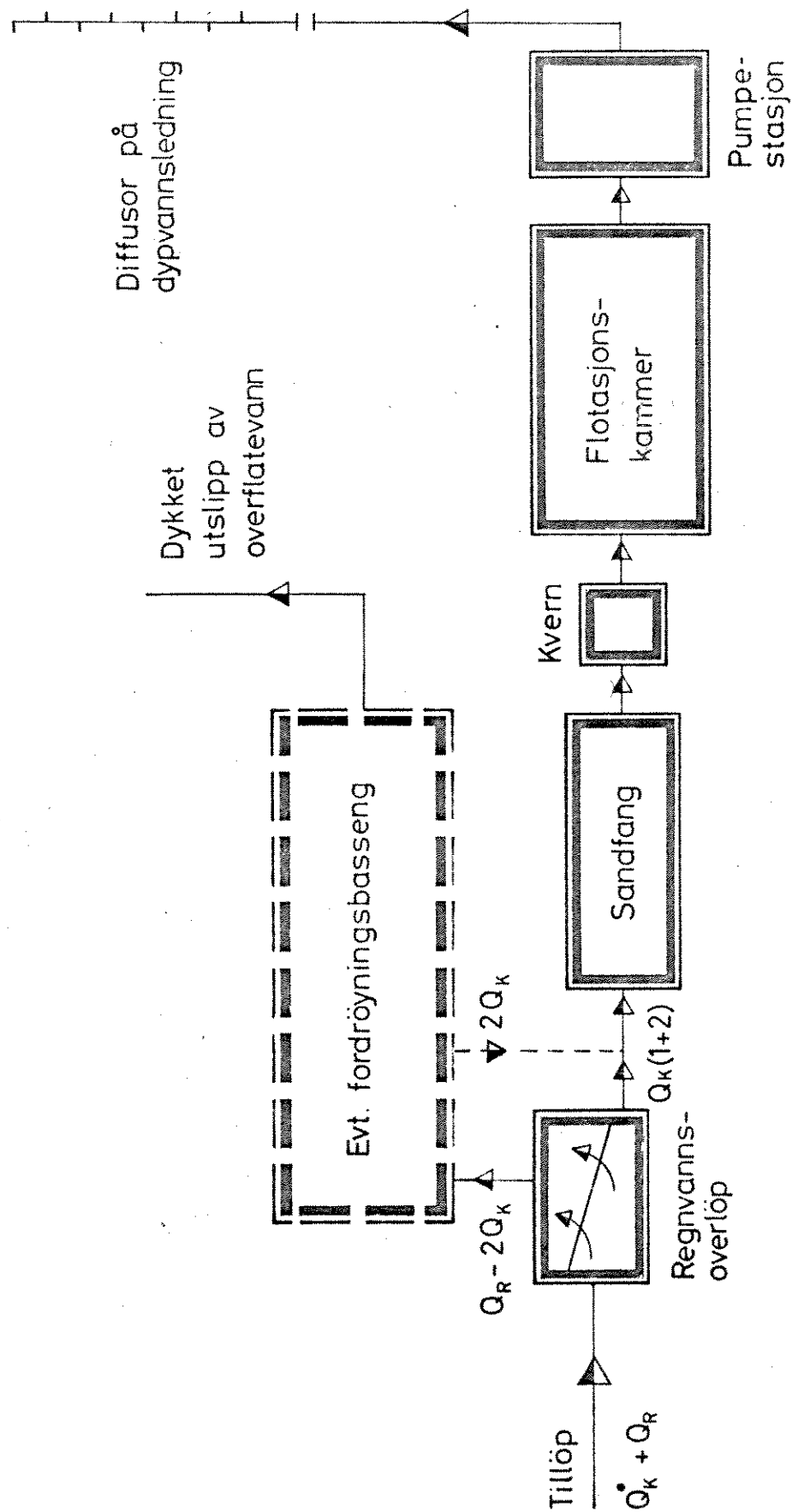
Prinsipielle kloakkutslipp og  
dybdeforhold i Ganssfjorden

Fig. 1.

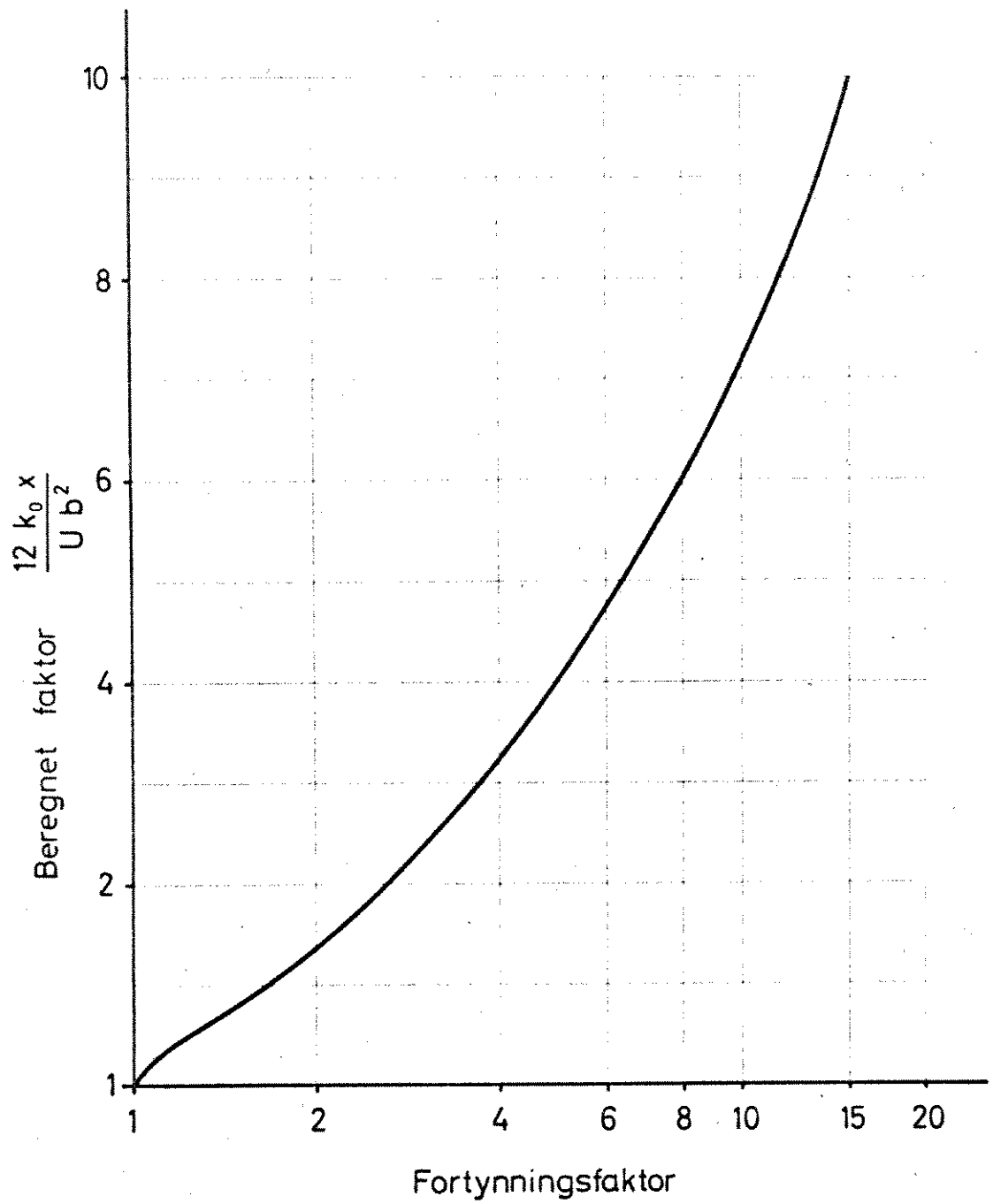
Nr.







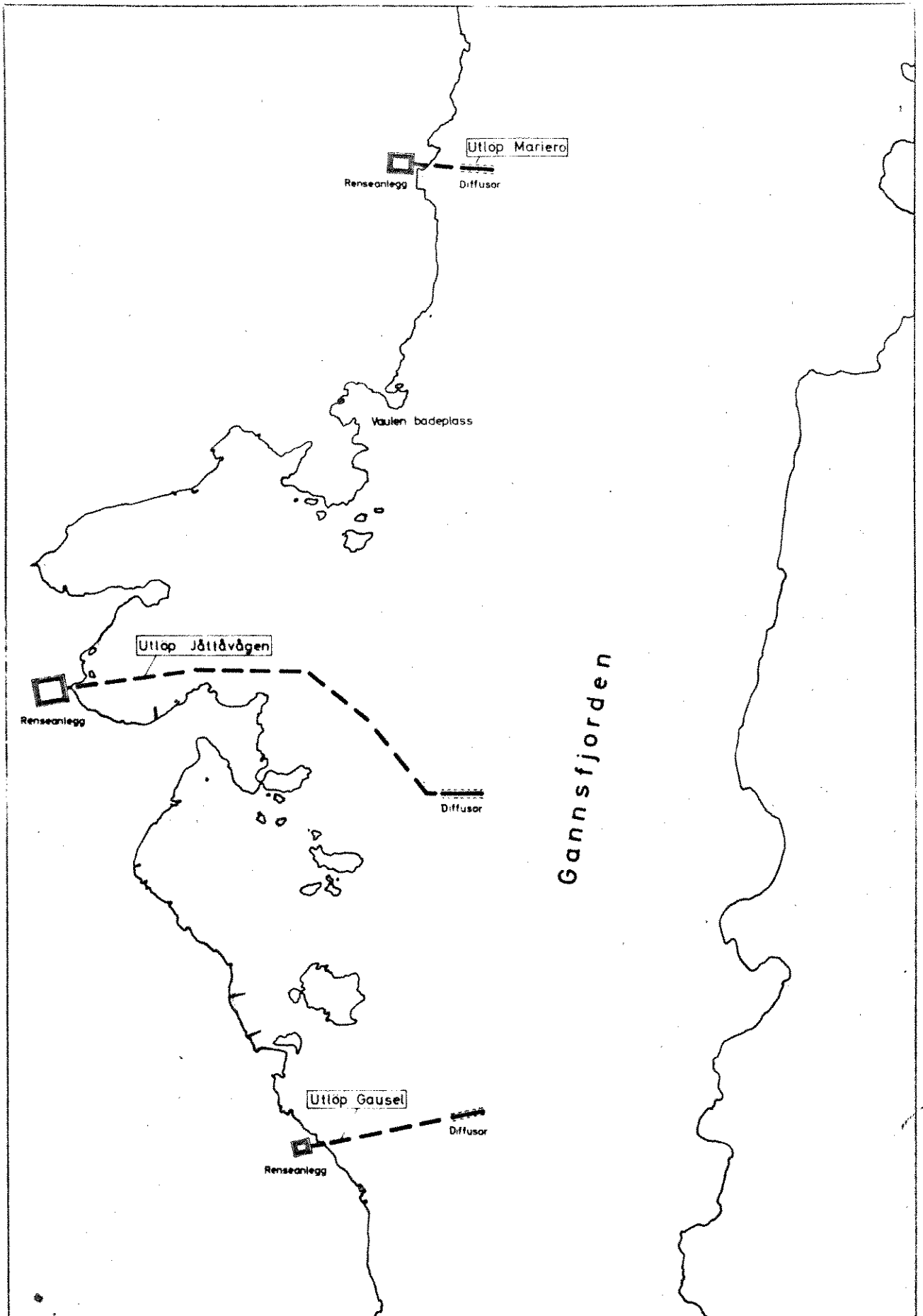
•  $Q_k$  = Midlere kloakkvannføring



**NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN**

Kurve for beregning av overflate-  
fortynning (etter Brooks 1959)

Fig. 4.



NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

Foreløpig forslag til plassering av  
dypvannsutslipp i Gannsfjorden

Fig. 5.