

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

0 - 117.

Utslipning av hovedkloakk fra
Asker kommune i Holmenfjorden.

Saksbehandler siv. ing. Terje Simensen,
desember 1959.

Innledning.

Kloakkløpet fra den nordøstlige del av Asker kommune skal føres i lukket ledning frem til Holmen, beliggende nord for Leangbukten på Oslofjordens vestsida.

Befolkningsmengden som er antatt å ville sogne til denne hovedkloakken under første utbyggingstrinn, er ca. 10 000 mennesker mens man under vurderingen av utslipningsmulighetene har måttet ta hensyn til en eventuell økning av dette tallet i fremtiden.

Da nettet ennå ikke er ferdig utbygget, er målinger av avløpsmengdene på stedet ikke utført, og det har derfor vært nødvendig under fastsettelsen av en midlere kloakkvannsføring å støtte seg til tall for vannforbruk. Ifølge en oppgave fra Asker ingeniørvesen til Røgnplankomiteen for Oslo-området over vannforbruket i kommunen vil dette variere i området 135 - 150 liter pr. ind. og døgn.

Som følge av den sterkt økende moderne boligbygging i kommunen samt en del planlagt industri innenfor nedslagsfeltet, anser vi det imidlertid nødvendig å regne med 300 - 350 l. pr. ind. og døgn.

I tillegg til kloakkvannet må vi også regne med infiltrasjonsvann fra grunnen som følge av utette skjøter, og angir denne rent anslagsvis til 25 % av den midlere kloakkvannsmengden. Disse tallene gir oss således en midlere vannføring som er lik

$$\frac{350 \times 1,25 \times 10.000}{86.400} = 50 \text{ l/sek.}$$

Fordelt over 14 timer av døgnet får vi en maksimal vannføring

$$\frac{50}{1,25} \times \frac{24}{14} + 50 \frac{0,25}{1,25} = \underline{80 \text{ l/sek.}}$$

Såsnart hovedledningen som fører kloakkvannet frem til anlegget blir tatt i bruk, bør det installeres måleinstrumenter for å bestemme vannføringen. På grunnlag av slike målinger vil man kunne få sikrere tall for den spesifikke vannmengde. Det bør dessuten tas analyser av kloakkvannet da slike vil være av betydning under dimensjoneringen av

renseinnretninger. Kloakkvannet skal passere et renseanlegg før det slippes ut i Holmenbukten, og området som er avstått til kloakkrenseanlegget, ligger umiddelbart utenfor gamle Holmen skole. Ifølge grunnboringer som er foretatt på stedet, har man relativt store dybder til fast fjell samt kvikkleire*, og man må anta at fundamenteringsarbeider for eventuelle store betongkonstruksjoner vil falle relativt kostbare.

Nærværende rapport er et resultat av våre vurderinger av kloakkutslippet ved Holmen sett på bakgrunn av de stedlige resipient- og topografiforhold samt økonomiske konsekvenser av ulike alternative løsninger.

Resipienten.

På grunn av de topografiske forholdene i Oslofjorden - terskelen i Drobakksundet og de relativt store dyp i det innenforliggende fjordbassenget - avviker de hydrografiske forholdene sterkt fra de man har i de ytre delene av Oslofjorden. Det mest typiske for hydrografien i det indre bassenget, er at vannets tetthet varierer betydelig med dybden.

Disse tetthetsvariasjonene er et resultat av ferskvannsmengden som blir tilført bassenget uten en effektiv utskifting av dette med saltvann gjennom Drobakksundet. Som følge vil man ha et mindre salt og derfor lettere vann i overflaten mens saltkonsentrasjonen tiltar med dypet. Det er imidlertid ikke en jevn overgang fra lett vann i overflaten til det tyngre i bunnen. Over hele fjorden er det et markert overflatelag med liten spesifikk vekt. Dette er skilt fra det tunge bunnvannet med et overgangslag, sprangsjiktet, hvor den spesifikke vekt tiltar så raskt mot dypet at tetthetskurven, til visse årstider, nesten viser et horisontalt forløp.

Om sommeren er de sydlige vindretninger fremherskende, og saltfattig vann stues opp i fjordens indre partier, En høy temperatur og lav saltholdighet gjør vannet lett og stabiliserer et overflatelag. Med de nordlige vindretningene

* Rapport nr. 4229 fra Norsk Teknisk Byggekontroll.

som er karakteristiske i vintertiden føres overflatelaget ut av indre fjordbasseng. Avkjølingen av overflatelaget gjør dette dessuten tyngre slik at det kan oppstå en vertikal sirkulasjon, en blanding av overflatevann med vann dypere ned. Det stabile overflatelaget forsvinner. I bilag I er vist en kurve som betegner variasjonene i sjøvannets tetthet med dypet sommeren 1959. Kurven angir middelveier av gjentatte målinger. Med de høye temperaturene og sydlige vindretninger som har vært fremherskende i dette sommerhalvåret, antar vi at sprngsjiktet som ligger på ca. 10 m. målt fra overflaten, må regnes som relativt dyptliggende. I et normalår med større nedbør, kan man vente mindre saltholdighet i overflatelaget.

Utslipningsdyp for kloakkvannet.

Vi har først sett bort fra den betydning kloakkvannsutslippet kan få for de biologiske forhold i indre Oslofjord og konsentrert oss om de lokale ulemper som kan ventes å oppstå. Følgende momenter er utslagsgivende:

1. Estetiske ulemper, spesielt slam og større partikler.
2. Generende algevekst p.g.a. kloakkvannets innhold av næringssalter.
3. Hygieniske ulemper ved spredning av mikroorganismer fra kloakkvannet.

Ved høygradig rensing eller ved klorering vil ikke avlopsvannet kunne bli så bra at alle disse ulemper unngås ved utslipp nær stranden. Klorbehandling vil fjerne de hygieniske bekymringer, men vil påføre en driftsutgift pr. sommer på kr. 5 - 6.000,-.

Av denne grunn har vi undersøkt mulighetene for å få blandet kloakkvannet med tilstrekkelig tungt sjøvann slik at blandingen kan få en spesifikk vekt som er større enn den man har i overflatesjiktet. På denne måten vil kloakkvannet kunne bringes til ro på et dyp i eller under sprangsjiktet, uten å trenge gjennom dette.

Vi har i månedene juli og august 1959 utført tetthetsmålinger i Holmenfjorden. Middelveier for disse målingene er

vist i bilag I.

To metoder står til rådighet for å få blandet tyngre sjøvann med kloakkvann:

1. Sjøvann pumpes opp fra minimum 10 meters dyp (antatt innlagringsdyp for kloakkvann ifølge tetthetskurve i bilag I) og blandet med kloakkvannet før dette føres inn under sprangsjiktet.
2. Kloakkvannet føres inn på dypt vann hvorved det vil stige mot overflaten som følge av sin lave spesifikke vekt. Derved blandes det med tyngre sjøvann, og dette kan skje slik at blandingen blir innlagret under sprangsjiktet.

Ad 1. Ved å velge innlagringsdypet for blandingen av kloakkvann og sjøvann på 10 meter, må blandingen ha en spesifikk vekt som er større eller lik fjordvannets spesifikke vekt på dette dypet, ($G_{10m} = 1,0200$).

Arrangementet som er nødvendig for å få pumpet inn sjøvann av høy spesifikk vekt, blandet dette med kloakkvannet og fort blandingen ut på innlagringsdypet, er vist skjematisk i bilag II. Sjøvannsmengden (Q_s) pumpes opp ved hjelp av egne sjøvannspumper (P_s). Dette vannet må pumpes mot et trykk som tilsvarer summen av trykktapet i sjøvannsledningen og høydeforskjellen mellom laveste sjøvannstand og blandedekaret (B). Hvis sjøvannet tas på et lite dyp, er den spesifikke vekt liten, og vi trenger en stor vannmengde. Hvis derimot ledningen føres ut på et større dyp, blir den spesifikke vekt større, og man trenger en mindre mengde sjøvann.

Forholdet mellom den nødvendige sjøvannsmengde og dets spesifikke vekt kan vi sette opp i følgende forhold:

$$Q_s = Q_k \frac{G - G_k}{G_s - G}$$

Q_k er kloakkvannsmengde,

Q_s er sjøvannsmengde,

G_k er spesifikk vekt av kloakkvann,

G_s er spesifikk vekt av blandingen. *sjøvann*

I denne ligningen er Q_k, G_k og G kjente verdier og forholdet mellom Q_s og G_s er vist grafisk i bilag III.

Da G_s varierer med dypet, må vi ha lang pumpeledning for å få vann av høy spesifikk vekt og omvendt. På grunnlag av nøyaktige dybdemålinger på stedet, (bilag IV) og variasjonene i spesifikk vekt av sjovann, har vi satt opp grafisk forholdet mellom Q_s og nødvendig ledningslengde for pumping av sjovann (bilag V).

På grunnlag av disse grafiske fremstillinger har det vært mulig å beregne den mengde sjovann som gir et omkostningsminimum. Det økonomiske minimum gis ved en sjovannsmengde som er ca. 4 ganger den maksimale kloakkvannsmengden. Ved å bruke trerør for undervannsledningene, er hele anlegget, eksklusivt renseanlegg, beregnet til ca. kr. 5.000,- pr. år regnet som årsomkostninger.

Ad 2. Hydrodynamiske betraktninger, omkring problemet med utslipning av kloakkvann i en vannmasse med høyere spesifikk vekt er meget komplisert. Fortynningen av kloakkvannet skyldes to fenomener, nemlig den kinetiske energi kloakkvannet har idet det forlater kloakkrøret, og oppdriften som skyldes forskjell i spesifikk vekt mellom de to vanntypene. Det første fenomenet er det mulig å analysere rent matematisk, men blandingen som følge av forskjellen i spesifikk vekt, kan vanskelig uttrykkes ved hjelp av matematiske formler. Det arbeidet som er gjort innenfor dette feltet, støtter seg til direkte betraktninger av empiriske forhold mellom de ulike variable størrelser som gjør sag gjeldende. Allerede i 1930 ble dette spørsmålet tatt opp i Amerika, og på grunnlag av modellforsøk og målinger i større kloakkutslipp, kom man frem til følgende empiriske forhold:

$$h = (S - 1)^{0,425} \times Q_k^{0,26}$$

hvor h er høyde over utslipp i m.

S er fortynningen av kloakkvannet ved den angitte høyde,

Q_k er vannføring i liter pr. sek.

Fortynningen S kan uttrykkes som forholdet mellom blanding av kloakkvann + sjovann og kloakkvann. Dette forholdet kan igjen som vi har sett tidligere, uttrykkes ved de respektive spesifikke vekter, og da får vi:

$$S = \frac{G_s - G_k}{G_s - G}$$

Ser vi på tetthetskurven i bilag I, varierer spesifikk vekt fra 1,0275 ved 40 meters dyp til 1,020 ved 10 meters dyp. Som følge av høye sommertemperaturer og sydlige vindretninger i det tidsrommet da målingene for denne kurven ble utført, tror vi at kurven fremstiller et relativt ugunstig bilde av situasjonen, d.v.s. at sprangsjiktet ligger lavt, og at vi derfor må ha et tilsvarende større dyp for utslipp av kloakkvann.

Ifølge observasjoner i Oslofjorden gjennom en årrekke, utført av Marinbiologisk Institutt ved Universitet i Odlo, mener man at det ugunstigste tilfelle vil opptre ved et sprangsjiktdyp på 15 m. Av denne grunn finner vi det riktigst å sette den spesifikke vekt av saltvannet i oppstigningstverrsnittet lik 1,0265, og tallet ved innlagringsdypet lik 1,0250. Disse antatte verdiene gir oss imidlertid en høy sikkerhetsfaktor.

Setter vi tallene inn i formelen for fortynning, får vi:

$$S = \frac{1,0265 - 1,0000}{1,0265 - 1,0250} = 18$$

Setter vi så $S = 18$ og $Q = 80$ l. pr. sek. inn i den oppgitte empiriske formel, får vi:

$$h = 17^{0,425} \times 80^{0,26} = 11 \text{ m.}$$

Dette resultatet vil da betinge et utslipningsdyp for kloakkvannet på $15 + 11 = 26$ meter. Ved en senere dimensjonsanalyse ved hjelp av Froude's tall av de observasjoner som ble foretatt i 1930, har man kommet frem til spesielle forhold mellom fortynning S , Froude's tall og kvotienten h/D , hvor D er diameteren av utslipningsrøret. Ved utregning av Froude's tall, for våre forhold, finner vi at $\frac{h}{D} = 30$, og med en rørdiameter på 0,4 meter gir dette oss en nødvendig utslipningshøyde lik 12 meter.

På grunnlag av senere iakttagelser er man imidlertid kommet frem til en formel som lyder:

$$S = \frac{h}{3xD}$$

Ved å sette inn $S = 18$ og $D = 0,4$ m. finner vi at h må være lik 22 meter. Dette gir oss da et totalt utslipningsdyp

lik $15 + 22 = 37$ meter.

Som vi ser, avviker dette resultat sterkt fra de to tidligere beregningene, men tatt i betraktning at ledningen senere må benyttes for større vannføring enn den vi har gått ut ifra, finner vi det riktigst å legge ledningen ut til 40 meters dyp.

Sett fra et strømningsmessig synspunkt må vi også anta at dette er gunstig, da man på den måten bringer kloakkvannet lengst mulig ut mot den naturlige renne man har til større dyp i Oslofjorden. Ifølge våre dybdemålinger som er vist i bilag VII, vil den nødvendige ledningslengde målt fra land til utslipningsstedet, være ca. 600 meter. For å beregne ledningsdiameteren har vi gått ut ifra den nødvendige hastighet som bør opprettholdes i røret for at dette skal være selvspylende.

Antar vi imidlertid at kloakkvannet gjennomgår et minimum av rensning, hvilket vil si en enkel sedimentering, før det føres ut, vil den nødvendige hastigheten kunne senkes til 50 - 60 m. pr. sek. Ved en rørdiameter på 40 cm. og en vannføring på 80 l. pr. sek. vil trykktapet i ledningen beløpe seg til 65 cm. Hastigheten i røret er da vel 60 cm. pr. sek. Går vannføringen imidlertid opp til det dobbelte, vil trykktapet øke til ca. 2,5 meter og hastigheten i røret er da 1,25 m. pr. sek. Dette vil si at ved å legge et 40 cm.s rør, vil vi senere kunne ta med en betydelig større belastning enn det man går ut ifra som beregningsgrunnlag idag, hvis vi kan tillate 2,5 m. trykktap i røret.

Ved å benytte trerørsledning er omkostningene beregnet til ca. kr. 4.000,- pr. år regnet som årsmkostninger. Det er da antatt en levetid for rørene på 25 år.

Som følge av at dette projektet medfører mindre omkostninger, samt at man unngår maskinelle installasjoner, finner vi det riktig å velge denne løsningen fremfor det forannevnte projektet med pumping av saltvann.

Da et kloakkutslipp på såvidt dypt vann vil være det første som benyttes her i landet, anser vi det av stor betydning om Asker kommune kan utføre målinger av kloakkvannets spredning i fjorden etter at utløpet er tatt i bruk.

Rensning av kloakkvann.

Med det relativt beskjedne kjenskap man idag har til indre Oslofjord som resipient for kloakkvann, finner vi det meget vanskelig å ta et absolutt standpunkt til det rensede kloakkvannets kvalitet. Vi anser imidlertid en enkel sedimenteringsprosess, som vil kunne fjerne 30 - 35 % av kloakkvannets B.O.D., som et minimumskrav og anser det riktigst å forsøke å fjerne en ytterligere mengde organisk materiale ved hjelp av en eller annen oksydasjonsprosess.

Denne videre oksydasjonsprosessen bør imidlertid holdes innenfor en rimelig økonomisk ramme, og vi ønsker for denne del av oppgaven å samarbeide med kommunens konsulenter under utarbeidelsen av slike planer. Ifølge grunnboringer som er utført på stedet hvor man har tenkt å bygge kloakkrenseanlegget, viser det seg at grunnforholdene er vanskelige idet man, på sine steder har relativt store dyp til fast fjell og også kvikkleire. Dette vil være utslagsgivende for brukbarheten av enkelte tekniske løsninger.

Man må imidlertid planlegge renseanlegget med henblikk på senere utvidelser.

Kloakkslammet som utskilles fra anlegget, bør behandles enten i en anaerob eller aerob prosess. Innretninger for denne prosessen bør imidlertid beregnes slik at man kan ta med eventuelt septiktankslam fra de septiktanker i kommunen som ennå måtte være i drift.

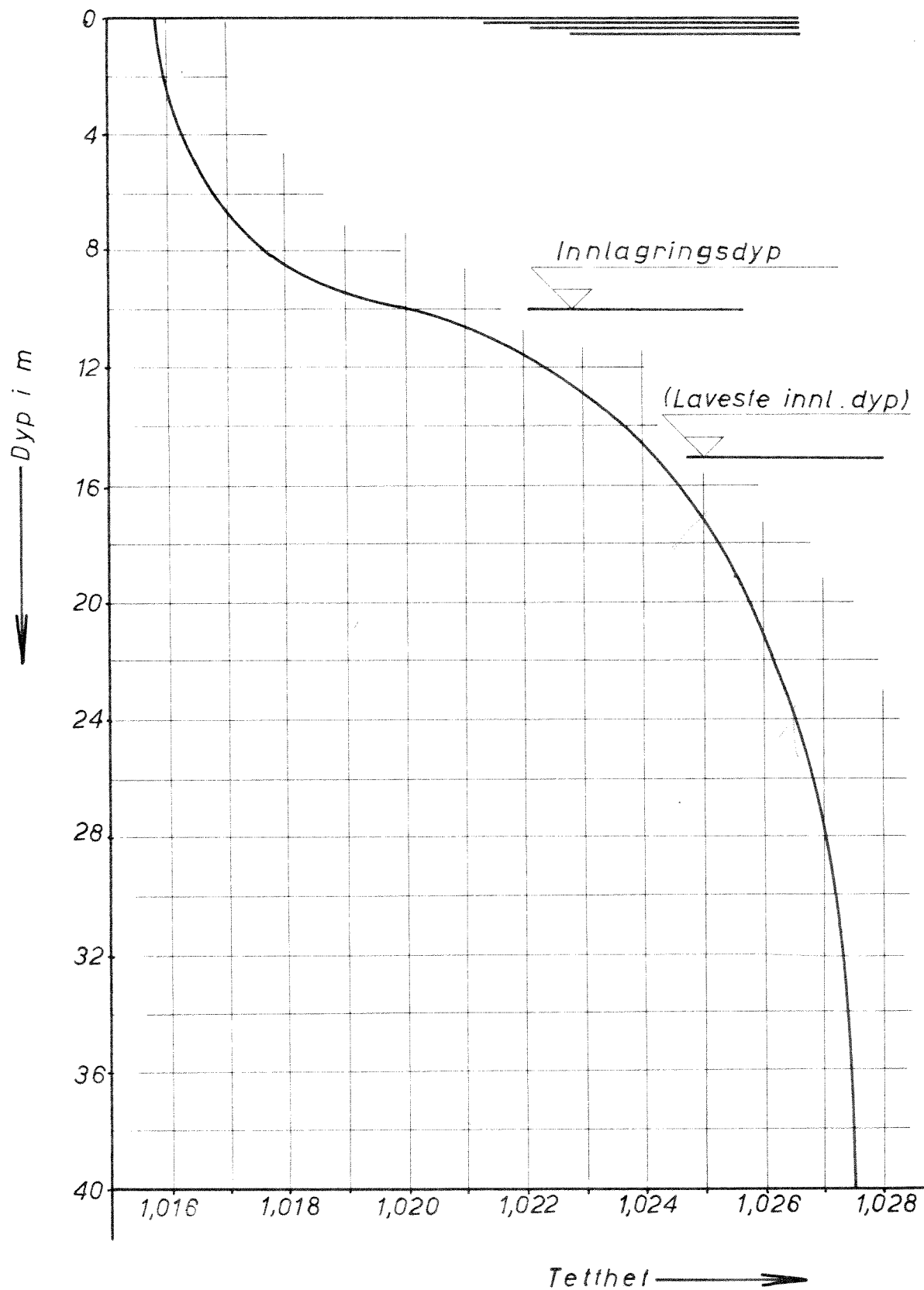
Vannstanden i renseanlegget vil bestemmes av trykktapet i utslipningsledningene. Man bør dessuten overveie hvor vidt det vil være økonomisk å legge renseanlegget så høyt (ca. 2,5 m. over høyvannsstand i sjøen) at man kan benytte den samme ledning om innbyggerantallet skulle stige til det dobbelte.

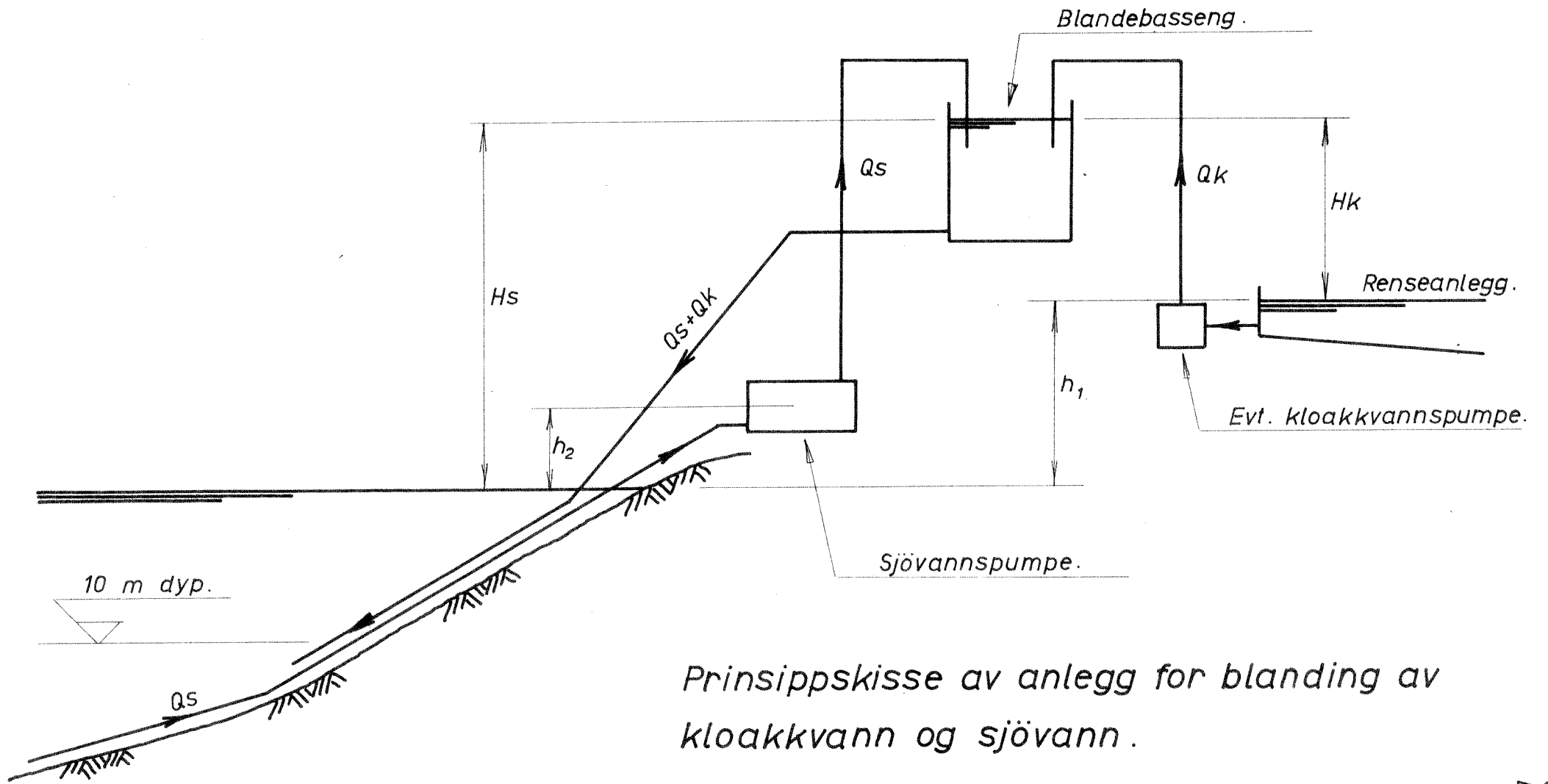
Konklusjoner.

Ved antagelse av en kloakkvannsmengde fra ca. 10.000 mennesker som første byggetrinn, bør rensingen av kloakkvannet omfatte:

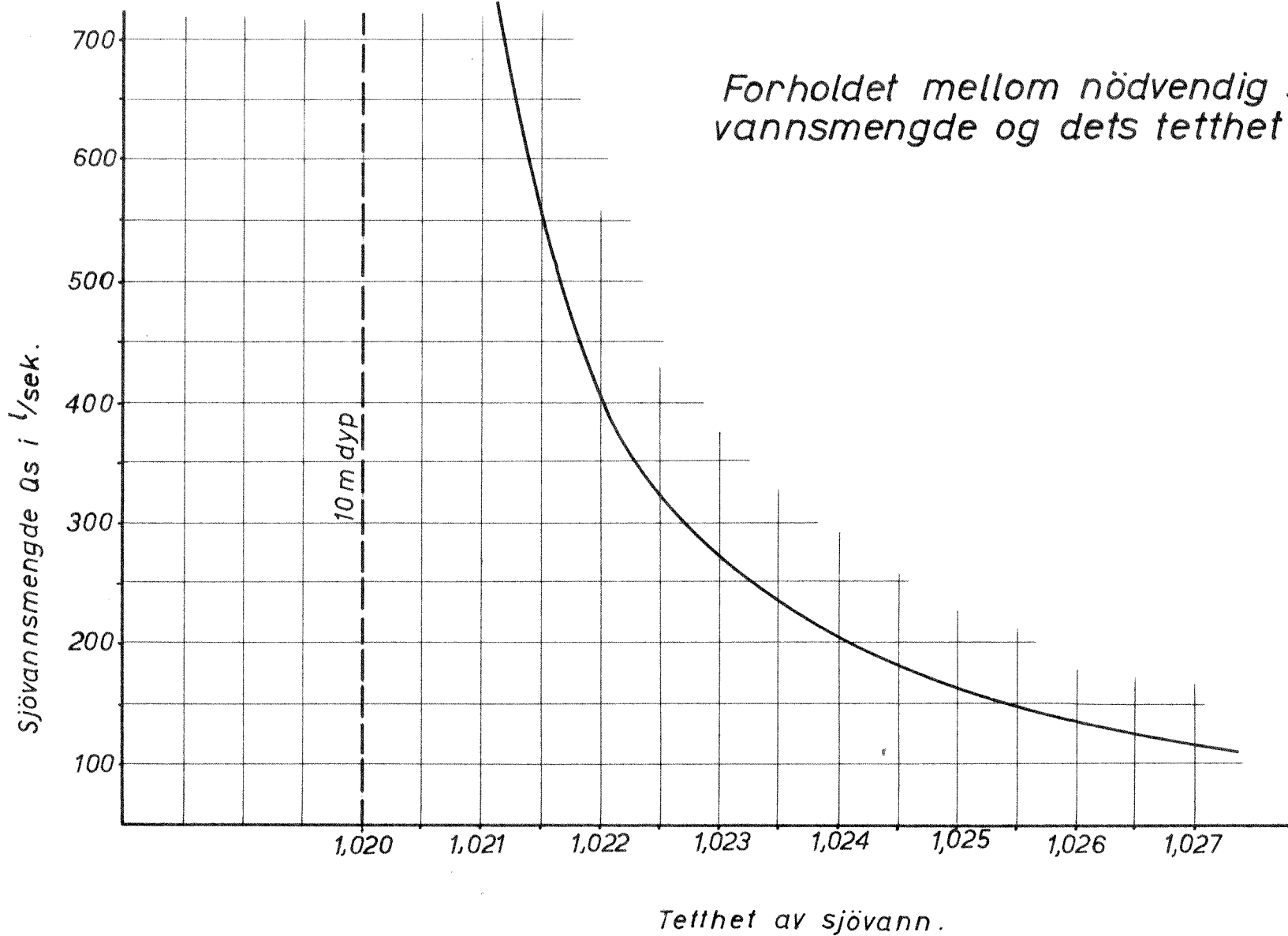
1. sedimentering,
2. eventuell delvis oksydasjonsprosess,
3. anlegg for slambehandling.
4. utførselsledning for det rensede kloakkvann til et dyp av ca. 40 m. i en 600 m. lang ledning.

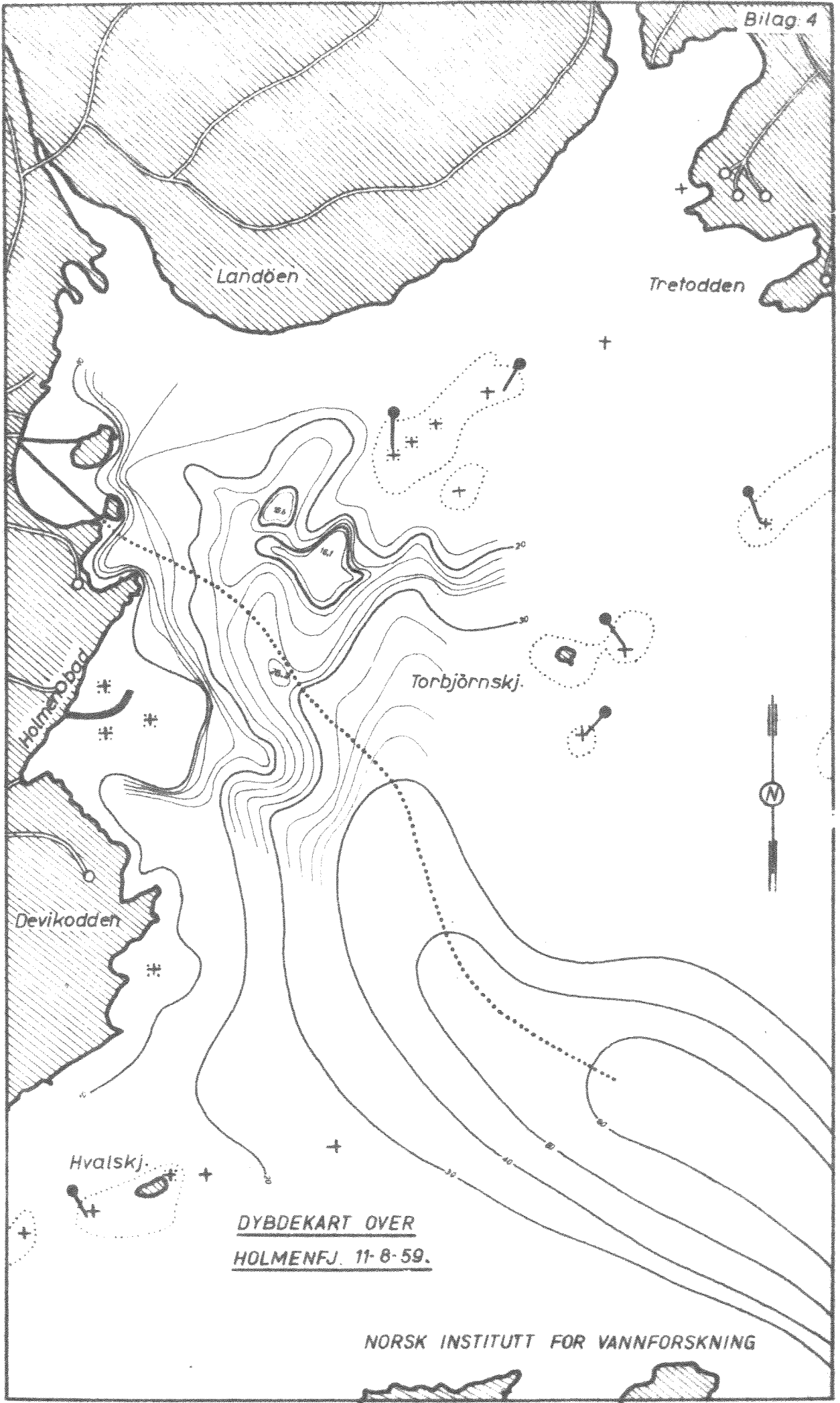
Tetthet av sjövänn i Holmenfjorden,
Asker. Kurve angir middelverdier i Juli-
August 1959.



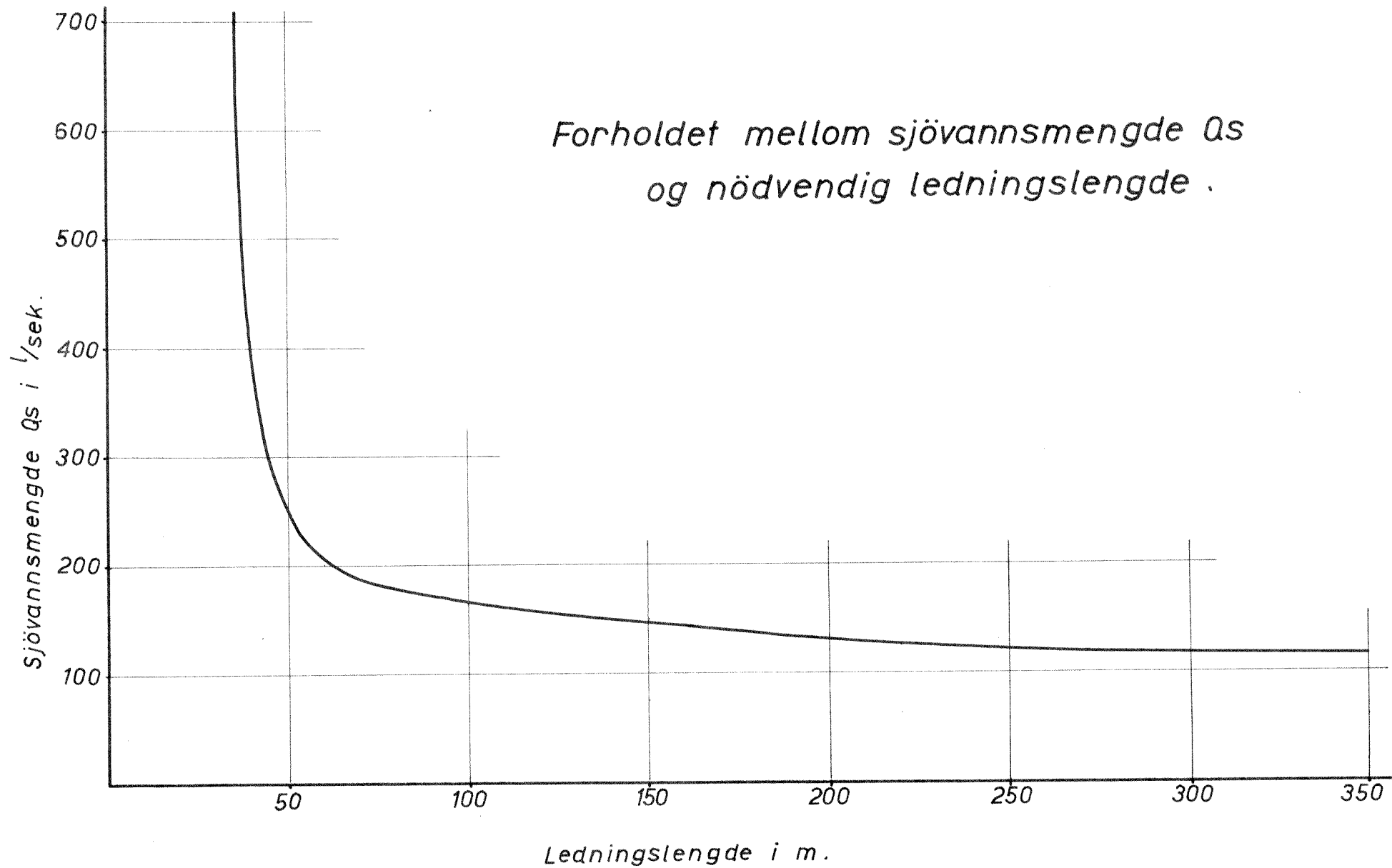


Prinsippskisse av anlegg for blanding av kloakkvann og sjøvann.





DYBDEKART OVER
HOLMENFJ. 11-8-59.



Profil av ledningstrasé i Holmenfjorden, Asker.

